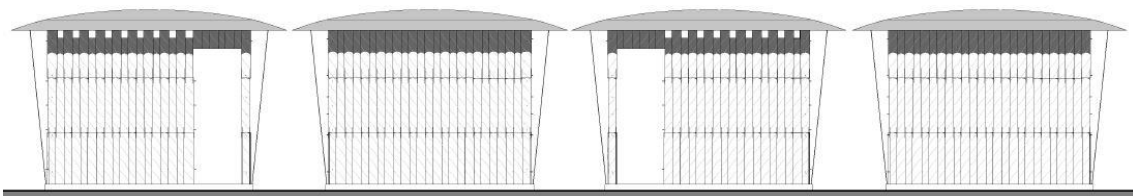


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica**

**Máster Universitario en Edificación Sostenible 2018-19**

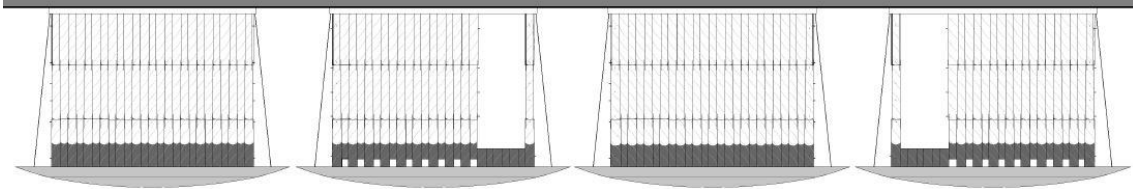
**Trabajo de Fin de Máster**



---

**Posibilidades del cartón como recurso constructivo:  
Aplicación para módulo de carácter emergencial en Brasil**

---



Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Junio 2019





## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. CONTEXTO BRASILEÑO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Problemática político-social.....	9
2.2. Problemática de la construcción informal.....	10
2.3. Vivienda y urbanizaciones en riesgo .....	11
2.4. Clima brasileño.....	13
2.4.1. Precipitaciones y temperatura .....	15
2.5. Desastres naturales en Brasil .....	20
2.5.1. Fuertes lluvias .....	22
2.5.2. Inundaciones .....	24
2.5.3. Movimientos y deslizamientos de tierra .....	26
2.5.4. Casos específicos .....	28
<b>3. ABRIGOS EMERGENCIALES .....</b>	<b>32</b>
3.1. Abrigos y situaciones de emergencia.....	33
3.2. Situaciones Emergenciales en Brasil.....	34
3.3. Recomendaciones y logística generales .....	35
3.3.1. Parámetros y directrices - Órganos reguladores.....	37
3.3.1.1. UNHCR.....	39
3.3.1.2. Sphere .....	42
3.4. Soluciones de abrigos emergenciales .....	45
3.4.1. Sistema Tensile .....	47
3.4.2. Sistema de Módulo.....	48
3.4.3. Sistema Flat-Pack.....	48
3.4.4. Sistema Neumático .....	49
3.5. Estudios de caso .....	50
3.5.1. Cardborigami .....	50
3.5.2. Paper Log House .....	52
3.5.3. Exo House .....	52
<b>4. EL CARTÓN.....</b>	<b>54</b>
4. Origen .....	55
4.1. Utilización como material constructivo .....	55
4.1.1. Ejemplos en la construcción.....	56
4.1.2. La obra de Shigeru Ban .....	58
4.2. Propiedades del cartón.....	61

4.2.1. Ensayos y estudios 01 .....	62
4.2.2. Ensayos y estudios 02.....	64
4.2.3. Ensayos y estudios 03.....	68
4.2.4. Viabilidad para la construcción .....	69
4.3. Sostenibilidad.....	70
4.3.1. Fabricación .....	70
4.3.1.1. Impactos.....	74
4.3.2. Reciclaje.....	75
4.3.2.1. Realidad social en Brasil y los catadores .....	78
5. PROPUESTA DE ABRIGO EMERGENCIAL.....	80
5.1. Justificativa.....	81
5.2. Proceso creativo .....	82
5.3. Características.....	83
5.4. Especificaciones técnicas.....	86
5.5. Montaje.....	91
5.6. Almacenamiento y transporte.....	95
5.7. Ampliaciones y modulaciones.....	97
6. CONCLUSIONES .....	100
7. FUTURAS LÍNEAS INVESTIGATIVAS.....	102
8 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....	103
9. ANEXOS .....	108

# RESUMEN

## Resumen

En situaciones de catástrofe y desastres naturales, la necesidad de albergos emergenciales es evidente, así como la agilidad en el transporte y construcción del mismo, especialmente en países carentes de adecuada estructura. Los albergos deben ser ligeros y de simple construcción, así como es aconsejable que esta sea realizada por la propia población afectada, implicando que sea fácil y autodidacta.

Brasil es habitualmente afectado por desastres naturales, y año tras año, parte de la población, comúnmente de baja renta, se ve impactada por estos eventos, mientras que administración y gobierno no suelen ser eficientes cuanto a la ayuda prestada a las víctimas.

Este trabajo propone un modelo de abrigo de emergencia para Brasil, siguiendo las recomendaciones de instituciones de ayuda humanitaria, utilizando como principal recurso constructivo el cartón, un material de fácil obtención y fabricación en el país, y de bajo coste, además de suponer un material con altos índices de reciclaje.

*Palabras clave: situación emergencial, abrigo de emergencia, directrices, cartón, Brasil*

## Abstract

In catastrophe and natural disasters situations, emergency shelters are an evident need and priority, as well as agility in transportation and construction, especially in countries without adequate structure. The shelters should be light weight and easy to build, and it is convenient to be made by the victims themselves, implying that this should be easy and self-taught.

Brazil has been affected by natural disasters year after year, and part of the population, commonly low income, has been impacted by these events, while the administration and government are not efficient about the assistance provided to the victims.

This paper proposes an emergency shelter for the Brazilian situation, following the recommendations of humanitarian aid institutions, using cardboard as a main constructive resource, an easy obtaining and manufacturing material in the country, low cost, and also supposing a material with high rates of recycling.

*Key words: emergencial situation, emergency shelter, standards, cardboard, Brazil*

# OBJETIVOS

## **Objetivos**

### **Principal:**

- 1- Desarrollar un abrigo emergencial apto para las variables climáticas y sociales de Brasil, compuesto en su mayoría de tubos de cartón.

### **Específicos:**

- 2- Conocer las variables que afectan a la realidad brasileña y que tienen afecto sobre las catástrofes que afectan al país.
- 3- Conocer los parámetros vigentes que regulan las edificaciones de carácter emergencial.
- 4- Averiguar hasta qué punto se pueden aplicar las recomendaciones de los órganos de ayuda humanitaria a las situaciones de emergencia en Brasil.
- 5- Estudiar el material cartón y averiguar su viabilidad para aplicación como recurso constructivo.
- 6- Desarrollar un modelo constructivo pre-fabricado que sea práctico, de rápida y simple construcción; además de desmontable y de fácil transporte.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

Gran parte de la población de Brasil es de baja renta, y por muchas veces, sin alternativas, obligada a construir sus propias edificaciones sin cumplimiento de parámetros técnicos que garantice la calidad de esta. A esto, se le debe añadir el hecho de que la mayoría de las grandes ciudades brasileñas no dispone de espacio libre con calidad, disponible para que la población lo utilice, haciendo con que esta acabe por ocupar zonas desfavorecidas, construyendo en locales de riesgo, bajo técnicas constructivas no siempre adecuadas.

Estas construcciones de riesgo, cuyo conjunto acaba formando lo que popularmente se conoce como favela, debido a su vulnerabilidad cuanto a su calidad y ubicación, son comúnmente afectadas por catástrofes naturales relacionadas a las fuertes lluvias características de las variaciones del clima tropical que predominan en la costa del país. Dichas catástrofes (inundaciones y deslizamientos de tierra) acaban por dejar, año tras año, a un número considerable de familias desabrigadas. Actualmente, la logística comúnmente seguida por las administraciones locales es de abrigar a la población afectada en edificaciones de manera improvisada, como por ejemplo, pabellones deportivos, escuelas públicas, iglesias, etc.

Ante esta traumática situación, la salud física y mental, así como la dignidad de la población se ve comprometida, y debido a esto, el uso de abrigos emergenciales es fundamental para que los impactos a estas personas sean minimizados. Órganos con actuación a escala global recomiendan una serie de características que deben tener los abrigos de emergencia para que la ayuda prestada sea la más eficiente.

Ante esta problemática, este trabajo presenta el estudio y desarrollo de una propuesta de abrigo emergencial construido mayoritariamente en cartón, para localidades con clima tropical de Brasil. Se buscaron atender a cuestiones relacionadas a la sostenibilidad (material utilizado, impacto de su producción y reciclaje), método constructivo (pre-fabricación, sistema estructural, reutilización, etc.), así como los parámetros recomendados por los distintos órganos que prestan ayuda humanitaria (facilidad para la construcción, uso temporal, transporte, identidad con la población, dimensiones, etc.).

Este trabajo presentará una estructura previa al desarrollo del mencionado modelo, donde se abordarán temas relacionados a la problemática y contexto sociopolítico brasileño, las tipologías y recomendaciones acerca de los abrigos emergenciales, y las particularidades del cartón como recurso constructivo.

# 2.CONTEXTO BRASILEÑO

## 2. CONTEXTO BRASILEÑO

En un país de dimensiones continentales, muchas variables acaban teniendo efectos que generan diversidad sobre muchas condicionantes.

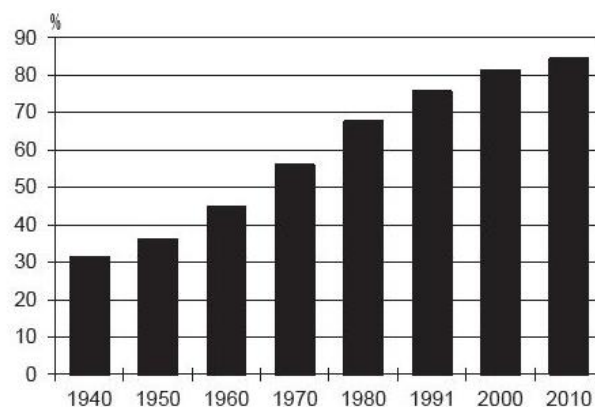
Estructura político-social, cultura y calidad constructivas, clima y desastres naturales derivados de este, presentan una serie de particularidades que diferencian a Brasil del resto del mundo, e incluso difieren a las propias regiones y estados que conforman el país.

## 2.1. Problemática político-social

En Brasil, el proceso de urbanización tarda hasta el siglo XVIII en ser iniciado, siendo consolidado apenas a partir de 1940 y 1950, en un contexto urbano-industrial, cuando en términos habitacionales, el país aún se consideraba rural (Santos, 2009). Sin embargo, el hecho de que parte de una población migre a centros urbanos no conforma por sí solamente, el proceso de urbanización, sino que este es un proceso de transformación de una sociedad hacia lo urbano, dotándose de técnicas, obras y edificaciones que aporten a una región de condiciones de infraestructura y orden administrativa pública. Fue entonces a partir del siglo XX, precisamente en la década de 40, que el proceso de urbanización ocurre intensamente y crecientemente en Brasil, dando lugar a grandes cambios morfológicos y colaborando con la expansión de las ciudades y la distribución poblacional en el territorio brasileño, pudiendo la urbanización, ser considerada un fenómeno relativamente reciente en el territorio nacional, donde se puede considerar a Brasil, como un país mayoritariamente urbanizado (Monteiro y Veras, 2017).

La mano de obra rural que sale del campo en dirección a la ciudad, asume el papel de apoyo al proceso industrial a bajo coste; sin embargo, la industria no es capaz de absorber a toda esa masa poblacional, haciendo con que la industrialización pasara a provocar nuevas configuraciones en el espacio urbano. Por otro lado, los servicios e infraestructuras urbanas necesarias no ocurrieron en la misma proporción al crecimiento de las ciudades, resultando en la actual y creciente problemática social, con espacios de exclusión social, segregación ambiental y territorial, y muchas veces ilegalidad e informalidad. Siendo así, a partir de los años 70, el espacio urbano nacional pasa por profundas transformaciones relacionadas a la desigualdad social, enfatizadas cada vez más por una desinteresada e ineficaz gestión pública, aumentando considerablemente el número de edificaciones precarias en las grandes ciudades brasileñas (Santos, 2009).

El resultado de todo este proceso de urbanización ineficiente y precario son ciudades con grandes proporciones de conjuntos habitacionales informales, como por ejemplo, Rio de Janeiro, con 1.393.314 de habitantes en sus más de 700 favelas, 22,03 de la población total de la ciudad, o São Paulo, con más de 1.280.000 personas viviendo en edificaciones precarias (Galdo, 2011).



Gráf. 01: Índices de urbanización en Brasil  
Fuente: Monteiro y Veras, 2017.

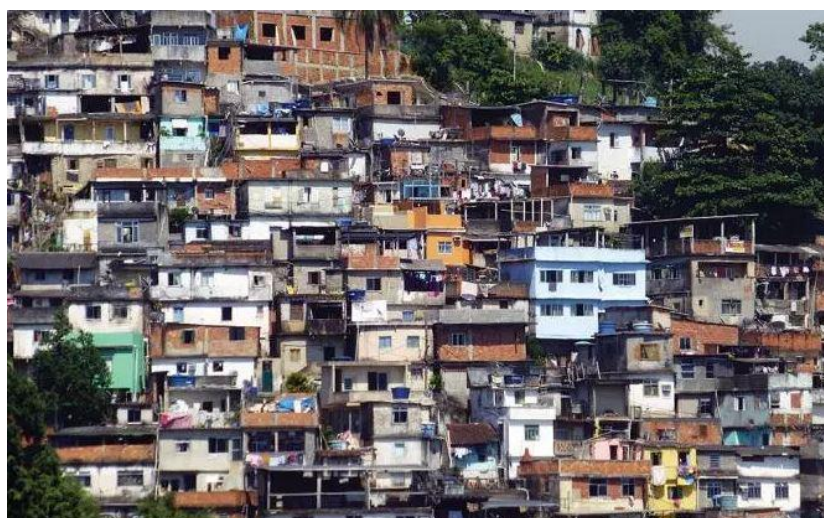
CENSO DEMOGRÁFICO	TOTAL DA POPULAÇÃO BRASILEIRA
1940	41.236.315
1950	51.944.397
1960	70.992.343
1970	94.508.583
1980	121.150.573
1991	146.917.459
2000	169.590.693
2010	190.755.799

*Tab. 01: Aumento de la población brasileña entre 1940 y 2010  
Fuente: Monteiro y Veras, 2017.*

## 2.2. Problemática de la construcción informal

En Brasil, las desigualdades sociales contribuyen para una serie de problemas, entre los cuales está el limitado acceso a tierra y vivienda por parte de la población de baja renta, por motivos tanto mercadológicos, ya que la adquisición de estos bienes no está a su alcance monetario, cuanto gubernamentales, puesto que las políticas públicas que intentan solucionar el problema no son eficientes (Dutra, 2011).

Sin otra alternativa, esa población de baja renta se ve obligada a practicar el autoconstrucción de sus casas en locales vacíos y de riesgo, dando lugar a una arquitectura informal, caracterizada por la falta de conocimiento técnico necesario para que se elabore una construcción responsable, y de ausente concepción arquitectónica, lo que genera urbanizaciones, o intentos de urbanizaciones desordenadas que carecen de accesibilidad, saneamiento, salubridad, seguridad e infraestructura urbana, popularmente conocidas como favelas (Cardoso, 2008).



*Fig. 01: Favela da Rocinha, Rio de Janeiro (Superinteresante, 2018)  
Disponible en: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-cidade-brasileira-tem-mais-favelas/>*



Según Nascimento, 2011, el autoconstrucción, se entiende como una vivienda, construida por una familia en una determinada parcela de tierra, obtenida mediante mercado formal o informal, con sus propios recursos, y en la mayoría de los casos, utilizando mano de obra familiar o de amigos. En Brasil, más del 80% de los materiales de construcción vendidos, son destinados al autoconstrucción; y además de eso, más de 70% de viviendas construidas, reformadas o ampliadas, son concebidas a partir de un régimen de autoconstrucción, sin intervención de profesionales especializados (ABRAMAT, 2005).



*Fig. 02: Favela de Vila Prudente, São Paulo (Vitruvius, 2010)*  
 Disponible en: <http://www.arquiteturismo.com.br/revistas/read/arquitextos/11.126/3659>

### 2.3. Vivienda y urbanizaciones en riesgo

La favela es la principal tipología arquitectónica informal de Brasil, asociada a la desordenada expansión habitacional que vivieron las grandes ciudades del país a finales del siglo XIX. A pesar de que su precariedad y baja calidad representan un grave problema habitacional, no existe una definición única que comprenda a toda esa tipología. Según el IBGE, 2010, se trata de una ocupación ilegal (o conjunto de ellas) de tierra con urbanizaciones que no cumplen los estándares vigentes y con precariedad de servicios públicos básicos y esenciales. Sin embargo, estudios apuntan algunas características que definen a una edificación precaria, siendo estas: acceso inadecuado o insuficiente a agua potable, acceso inapropiado a estructuras de saneamiento básico, baja calidad estructural (construcciones en parcelas de riesgo y sin adecuada protección contra incidentes climáticos), superpoblación –más de 3 personas por habitación (4m<sup>2</sup>)- y ausencia de protección de las fuerzas del Estado. Estas características son comúnmente aplicables a la tipología arquitectónica mencionada, la arquitectura informal que conforma las favelas (UN-Habitat, 2007).

Las tierras donde estas edificaciones son construidas, en la mayoría de los casos, son aquellas con propiedades más frágiles, comúnmente peligrosas y de difícil ocupación siendo, muchas de ellas, en pendientes de valles y montes (Rolnik, 1999). El resultado, consecuentemente, son viviendas construidas sin criterios técnicos en parcelas de baja calidad (Carlos y Lemos, 2003). Así, los riesgos para los habitantes son grandes y diversos: deslizamientos de tierras, inundaciones provocadas por las lluvias, mezcla de drenaje y alcantarilla, entre otros (Rolnik, 1999).

Aún que la mayoría de los deslizamientos de sean consecuencia de condicionantes de medios naturales, una de las principales causas de su ocurrencia es el hecho de que estas construcciones informales sobrecargan la masa sedimentada de terrenos con gran desnivel. Específicamente en climas tropicales, como es el caso de la mayor área de Brasil, el alto índice pluviométrico sobrecarga el suelo de agua favoreciendo los movimientos de tierra. De hecho, el cultivo de determinado tipo de vegetación en estas pendientes suele ser indicado y recomendado por autoridades y órganos públicos para minimizar el impacto de la lluvia sobre el suelo, aunque no suele ser habitual (Faria, 2011).

Para ejemplificar, apenas en la ciudad de Salvador, capital del estado de Bahia, hay aproximadamente 600 áreas de riesgo localizadas en pendientes y cuestas, donde existe la posibilidad de deslizamiento de tierra (G1 BA, 2018). En entrevista para el G1, portal de informaciones importante de Brasil, Luís Edmundo Campos, ingeniero civil, profesor de la Universidade Federal da Bahia (UFBA), afirma que las ocupaciones irregulares de pendientes provocan deslizamientos de tierra principalmente en épocas de lluvia. El asentamiento de casas provoca un peso en la tierra que, a pesar de parecer firme, no tiene una sujeción adecuada, causando una falta de estabilidad con el exceso de agua, provocando deslizamientos (G1 BA, 2018).



*Fig. 03: Viviendas en situación de riesgo en la Favela do Camarazal, São Paulo (Estado de São Paulo, 2018). Disponible en:*  
*<http://fsindical.org.br/direitos-humanos-e-cidadania/em-sao-paulo-674-mil-vivem-em-areas-de-risco-no-brasil-total-chega-a-82-mi>*

## 2.4. Clima brasileño

Se puede decir que la porción más afectada por desastres naturales es la que se encuentra en la costa este del país, debido a la combinación de concentración de construcciones precarias en zonas de riesgo, como mencionado anteriormente, con las variables climáticas del local.

Dicha parcela del país (mayor parte del país) se encuentra entre el trópico de Capricornio y la línea del Ecuador, donde, en la costa atlántica, se desarrollan las principales ciudades del país, como por ejemplo Rio de Janeiro, Salvador, Recife, capitales de los estados de Rio de Janeiro, Bahia y Pernambuco respectivamente, entre otras. Además de esos núcleos urbanos costeros, otras ciudades de considerable dimensión en el interior del país, como, por ejemplo, São Paulo y Belo Horizonte, capitales de los estados de São Paulo y de Minas Gerais, tienen características climáticas similares a las anteriores.

Esta franja ocupada por dichas ciudades presenta una variedad de climas derivados del tropical, que tienen como característica común las elevadas temperaturas y humedad. Las dos regiones donde se concentran la mayoría de esas metrópolis son Sudeste y Nordeste, consecuentemente, las que presentan mayores incidencias relacionadas a corrimientos de tierra y desastres naturales o ambientales.



Fig. 04: Mapa político de Brasil (IBGE, 2015)

Disponibile en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-politico-respectivamente-do-Brasil-e-do-nordeste-Brasileiro-Marcosbau\\_fig1\\_323267662](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-politico-respectivamente-do-Brasil-e-do-nordeste-Brasileiro-Marcosbau_fig1_323267662)



Según Strahler y Strahler, 1997, la mayor parte del país se concentra en climas de bajas latitudes, casi totalmente dominados por masas de aire tropical y ecuatorial, climas que incluyen regiones manantiales de masas de aire tropical e intertropical. Según el autor, en la franja costera oriental de Brasil, así como en el interior del país (donde también tiene presencia el clima ecuatorial lluvioso por la región del Amazonas), se distinguen el clima monzónico y de vientos alisios en el litoral, y el tropical seco y húmedo, con una pequeña presencia del clima tropical seco. En el clima monzónico con vientos alisios, las precipitaciones están marcadas por un fuerte ciclo anual, presentando una fuerte regularidad térmica anual y mensual, rondando los 25°C. Los climas tropicales vienen marcados por una fuerte presencia de masas de aire húmedas marítimas o ecuatoriales, resultando en períodos de muchas precipitaciones en las estaciones de Sol alto, anticipados por períodos de muy elevadas temperaturas. Al iniciarse el periodo de lluvias, se nota un descenso de temperatura que llega hasta los 22°C (Strahler y Strahler, 1997).

Lamberts, Dutra y Pereira, 1997, hace mención de 6 climas predominantes en el país: tropical, tropical de altitud, tropical atlántico, subtropical, ecuatorial y semi-árido.

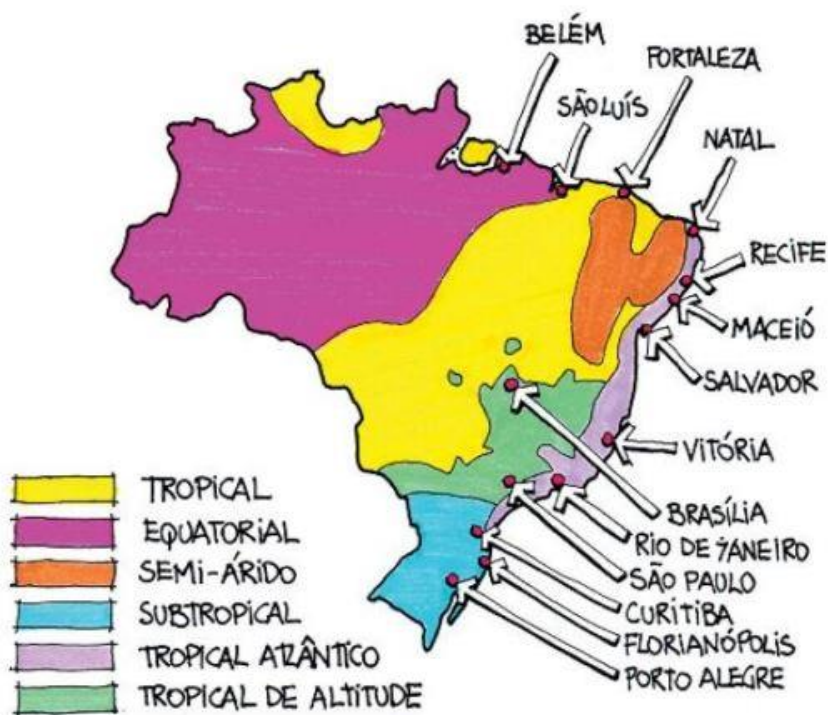


Fig. 05: Mapa climático de Brasil Fuente: Lamberts, Dutra y Pereira, 1997

El clima tropical se caracteriza por veranos cálidos y lluviosos con inviernos también cálidos, pero seco, con temperaturas medias de 20°C y una amplitud térmica anual de hasta 7°C, con lluvias entre 1000 y 1500 milímetros al año. El clima subtropical, más al sur de Brasil, considerada como la parte más desarrollada del país, presenta temperaturas medias alrededor de los 20°C, con amplitudes anuales que varían entre 9°C y 13°C. La distribución pluviométrica regular también es una característica de este clima, que incluye temperaturas muy bajas y hasta presencia de nieve en zonas de elevada altitud (Lamberts, Dutra y Pereira, 1997).

El clima semi-árido ocupa una importante parte de la región Nordeste, más seca del país, caracterizado por temperaturas muy elevadas a lo largo de todo el año con bajas precipitaciones (inferiores a 800 milímetros al año) y amplitud térmica (inferior a 5°C al año). A su vez, el clima ecuatorial, comprende casi la totalidad de la Amazonia dispuesta en el territorio brasileño, con fuerte influencia de esta. Las temperaturas medias rondan los 25°C con amplitud térmica de hasta 3°C. El clima ecuatorial también tiene como característica una abundante y regular precipitación a lo largo de todo el año, superando habitualmente los 2500 milímetros (Lamberts, Dutra y Pereira, 1997).

Sin embargo, son dos variaciones del clima tropical las que tienen impacto sobre las principales ciudades mencionadas anteriormente, afectadas por las problemáticas de la construcción de mala calidad y urbanización desordenada, dando lugar catástrofes en los períodos de lluvias: tropical atlántico y tropical de altitud.

El clima tropical atlántico ocupa la mayor parte de la franja costera este del país. Las temperaturas medias llegan a variar entre 18°C y 26°C, con precipitaciones abundantes de aproximadamente 1200 milímetros al año, habitualmente concentradas en verano para la mitad sur del país, y concentradas en invierno para la mitad norte. Otra característica de este clima es la similitud entre estaciones, especialmente en la parcela norte del país, donde hay muy baja amplitud térmica anual, mientras que a medida que se avanza hacia el sur, se empieza a notar más dicha amplitud. Ciudades de gran porte en el país, como Recife, Salvador o Rio de Janeiro están bajo la influencia de este clima (Lamberts, Dutra y Pereira, 1997).

La otra variación climática, el clima tropical de altitud, presenta temperaturas medias entre 18°C y 22°C, con lluvias intensas (entre 1000 y 1800 milímetros al año), sufriendo todavía influencia de corrientes frías originarias de la masa polar atlántica. Ciudades como Belo Horizonte y São Paulo (más grande del país y una de las mayores de mundo) están caracterizadas por este clima (Lamberts, Dutra y Pereira, 1997).

En España, se puede decir que las Islas Canarias es la región con clima más similar a las vertientes tropicales de Brasil. Por estar ubicadas en el océano atlántico y aún cerca de latitudes donde predomina el clima tropical, a pesar de irregulares precipitaciones, presenta temperaturas anuales regulares que rondan los 20°C (Gevic, n.d.).

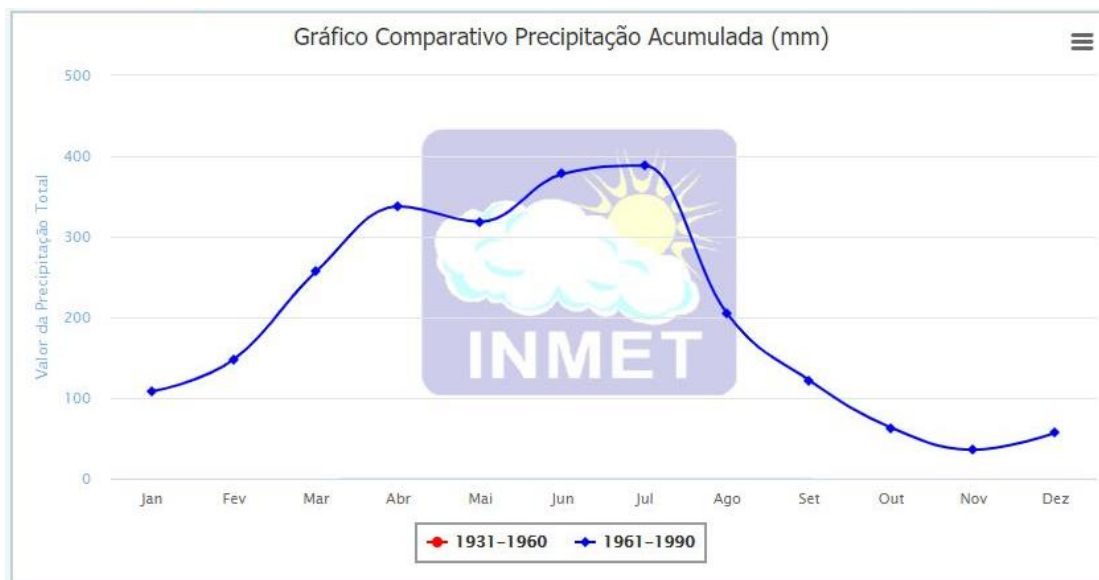
#### **2.4.1. Precipitaciones y temperatura**

Las ciudades mencionadas anteriormente, principales zonas urbanas del país bajo la influencia de variaciones de climas tropicales, presentan similitudes, pero con particularidades entre ellas, considerándose adecuado estudiar principalmente las condicionantes de precipitaciones y temperaturas, para el desarrollo del módulo emergencial que será propuesto en este trabajo.

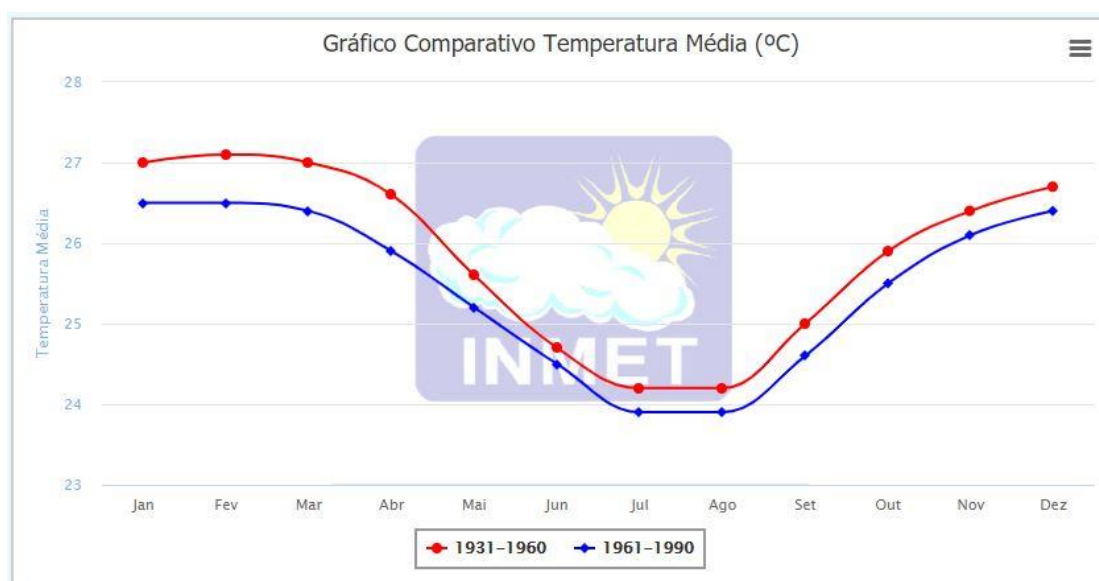
A partir de los gráficos disponibles en la plataforma del INMET, Instituto Nacional de Meteorología de Brasil, es posible comparar las distintas variables climáticas en las distintas ciudades.

Se puede observar, que Recife y Salvador, ciudades de la Región Nordeste del país, con clima tropical atlántico concentran sus precipitaciones en los meses centrales del

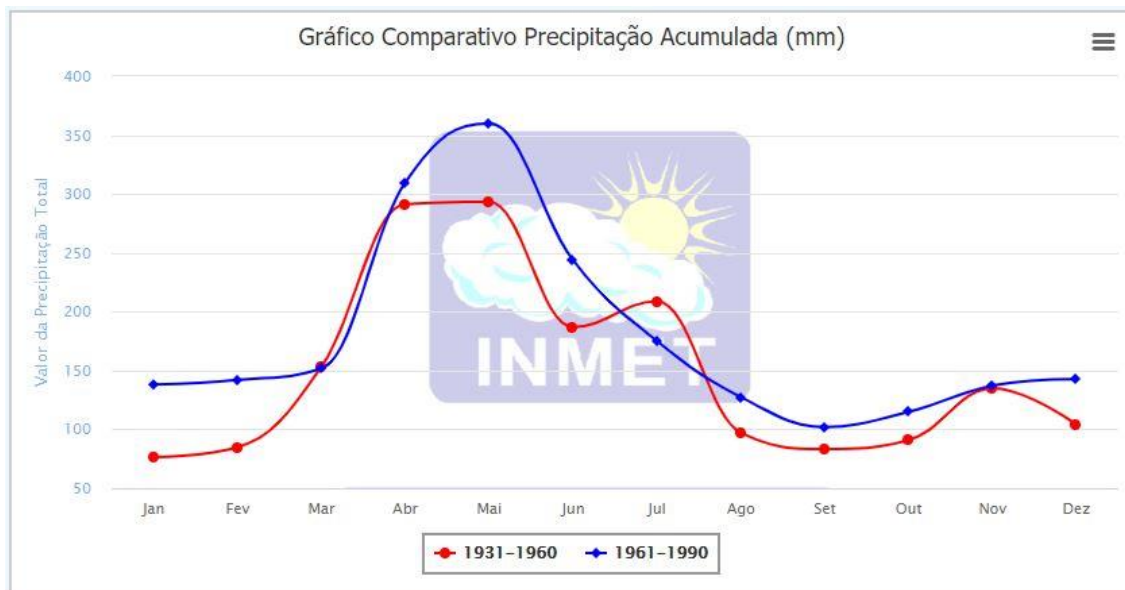
año (invierno), con números superiores a 350 milímetros mensuales en este periodo. Sin embargo, se observa que aun en el supuesto periodo más frío del año, las temperaturas son elevadas (24°C para Recife y 23,3°C para Salvador).



Gráf. 02: Precipitación en Recife -PE (INMET, n.d.)  
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

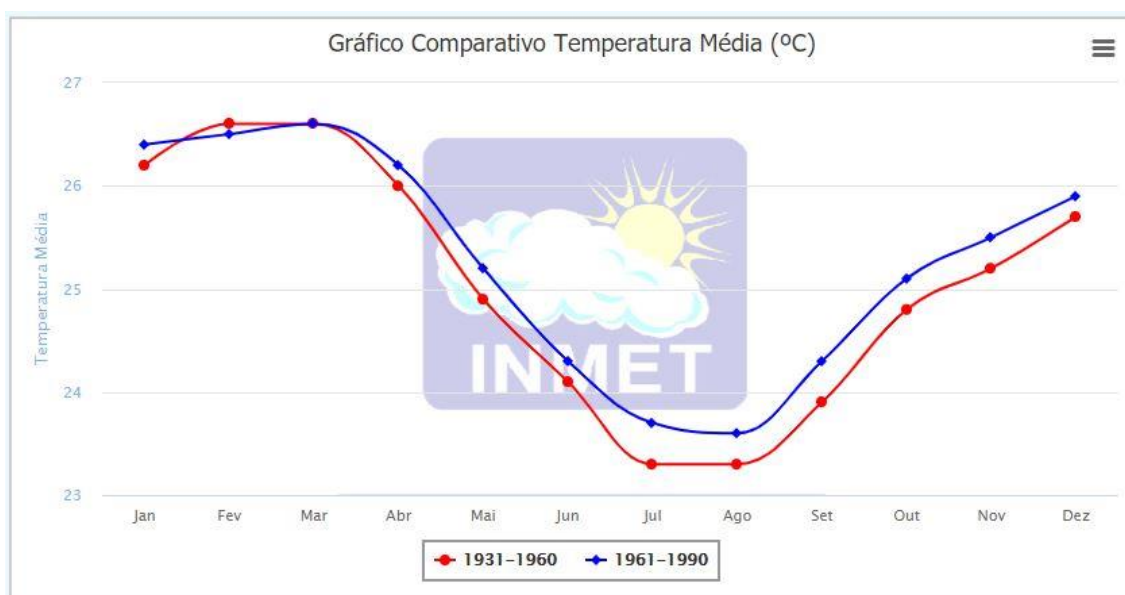


Gráf. 03: Temperaturas medias en Recife -PE (INMET, n.d.)  
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>



Gráf. 04: Precipitação en Salvador - BA (INMET, n.d.)

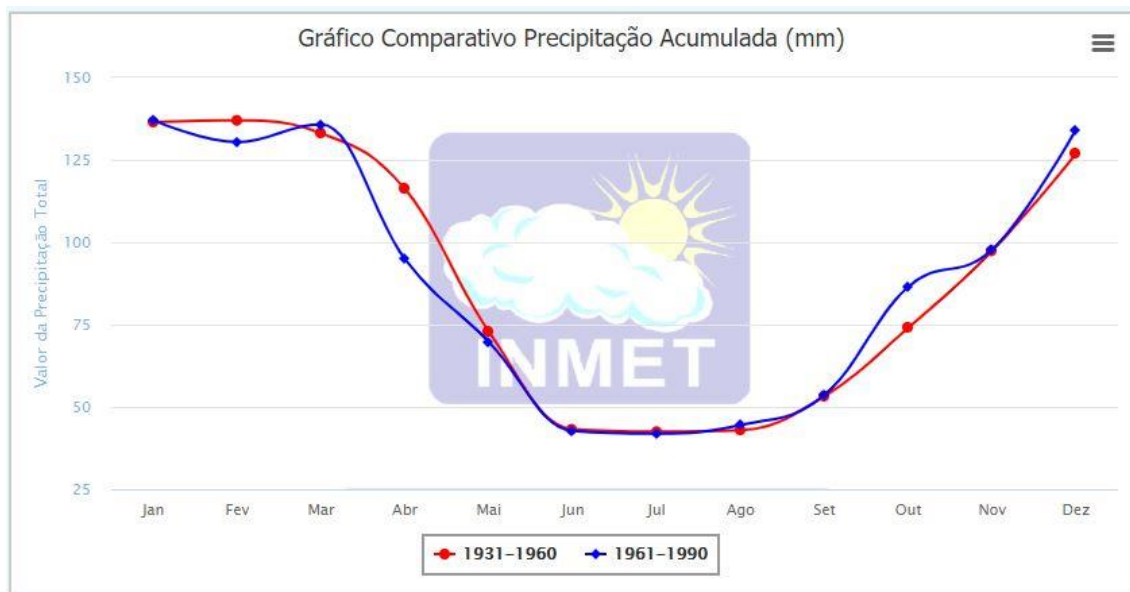
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>



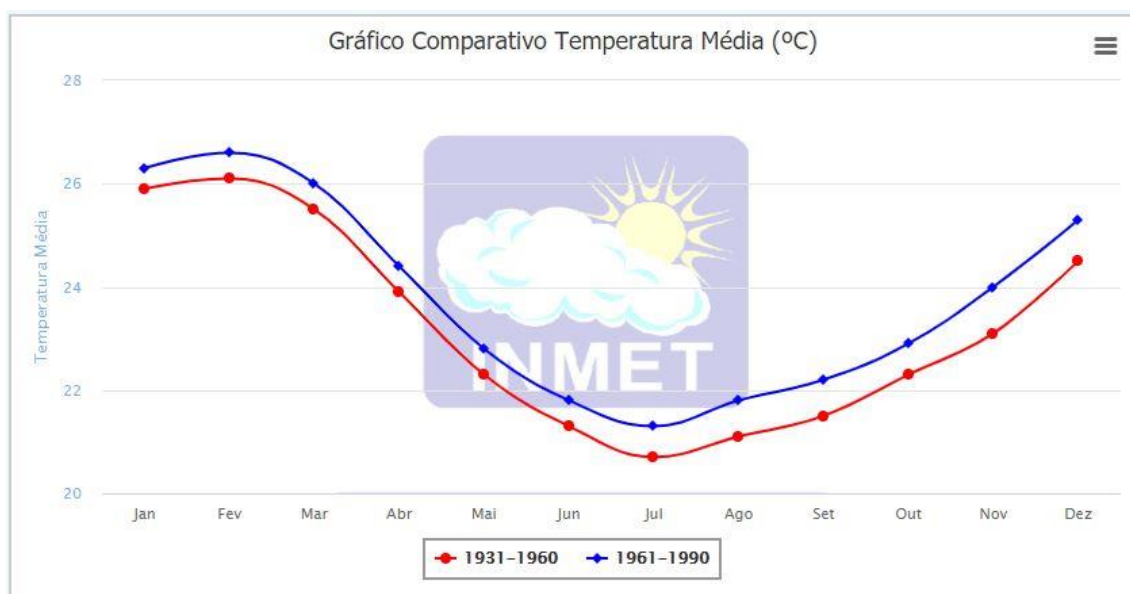
Gráf. 05: Temperaturas medias en Salvador - BA (INMET, n.d.)

Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

Sin embargo, la ciudad de Rio de Janeiro, también con clima tropical atlántico, concentra sus precipitaciones en los meses más calurosos del año, de diciembre a marzo, con temperaturas superiores a los 24°C en este periodo. En el periodo de verano, ciudad de Rio de Janeiro y sus proximidades ya han presenciado algunas catástrofes a lo largo de su historia, como se mencionará en el apartado siguiente.



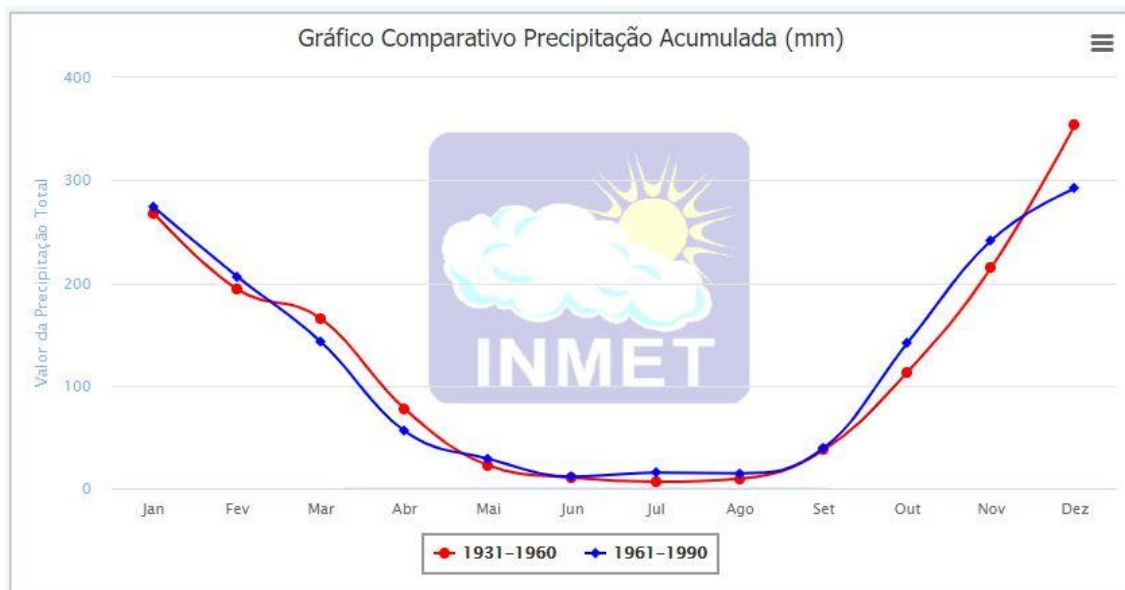
Gráf. 06: Precipitação en Rio de Janeiro - RJ (INMET, n.d.)  
Disponível en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>



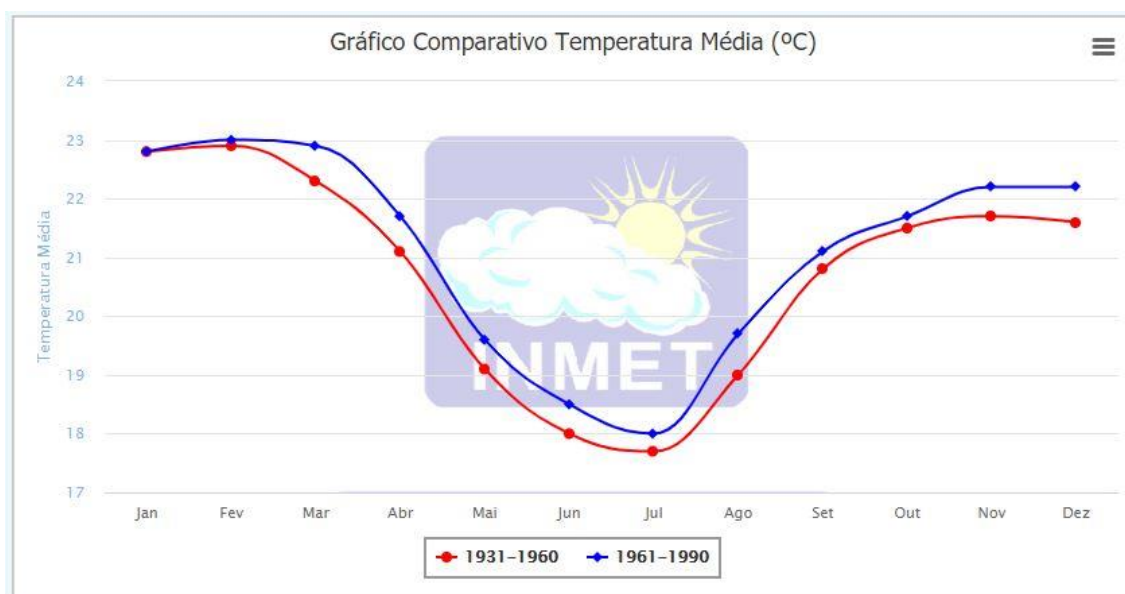
Gráf. 07: Temperaturas medias en Rio de Janeiro - RJ (INMET, n.d.)  
Disponível en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

Ciudades como Belo Horizonte y São Paulo, presentan la otra variedad derivada del clima tropical: el clima tropical de altitud. Se puede observar en ambas, la concentración de lluvias en los meses de verano, cuando las temperaturas medias son siempre superiores a los 20°C. La diferencia entre estas ciudades y Rio de Janeiro, consiste en sus bajas temperaturas en los meses de invierno, con 18°C para Belo Horizonte y 15,1°C para São Paulo.

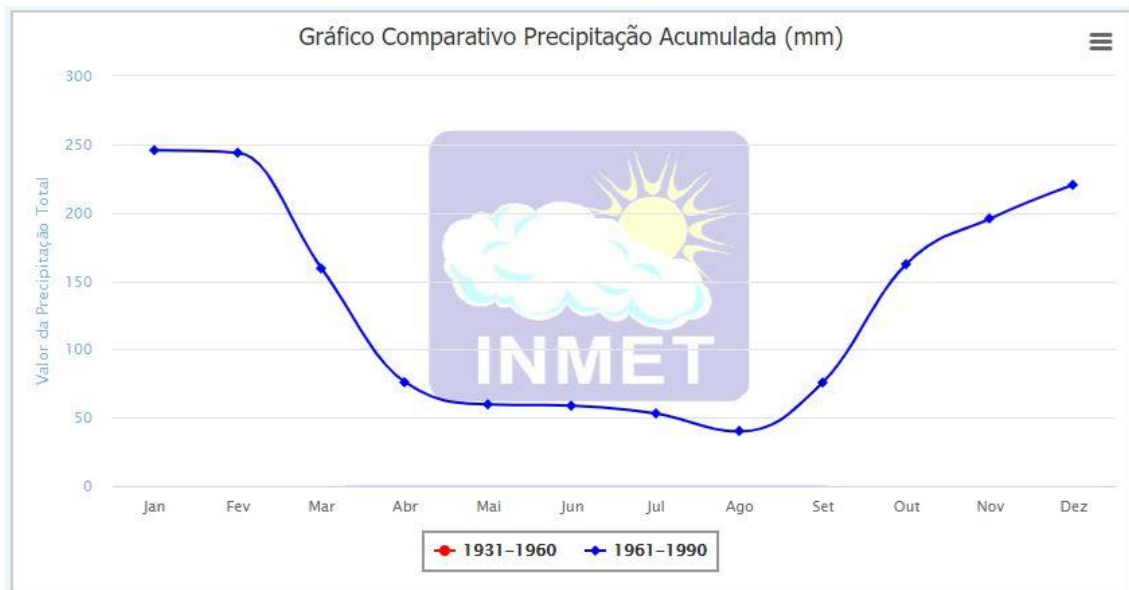




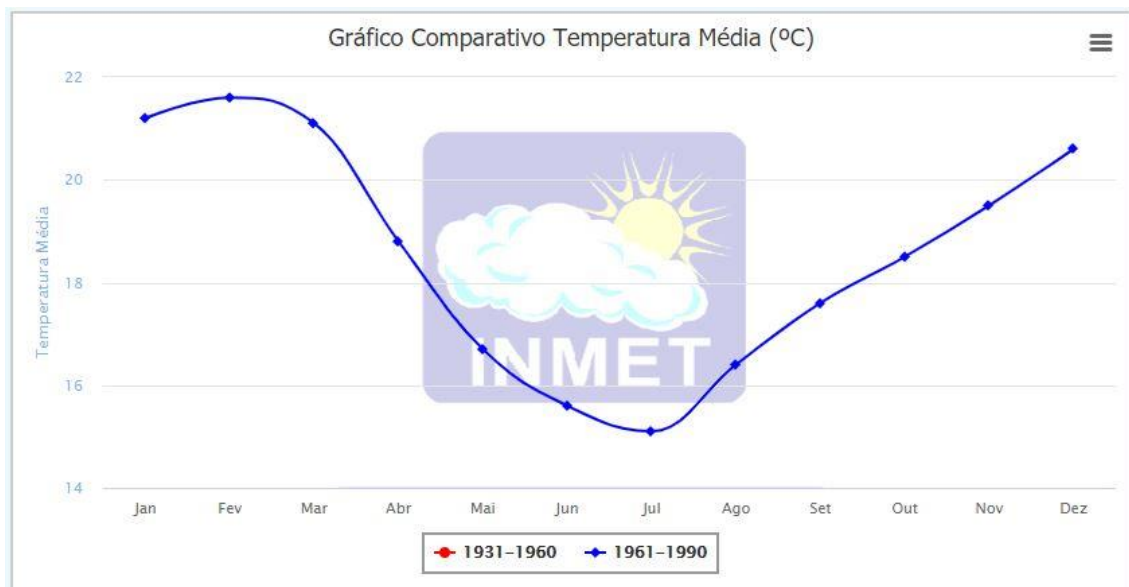
Gráf. 08: Precipitação en Belo Horizonte – MG (INMET, n.d.)  
 Disponible en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>



Gráf. 09: Temperaturas medias en Belo Horizonte – MG (INMET, n.d.)  
 Disponible en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>



Gráf. 10: Precipitação em São Paulo – SP (INMET, n.d.)  
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

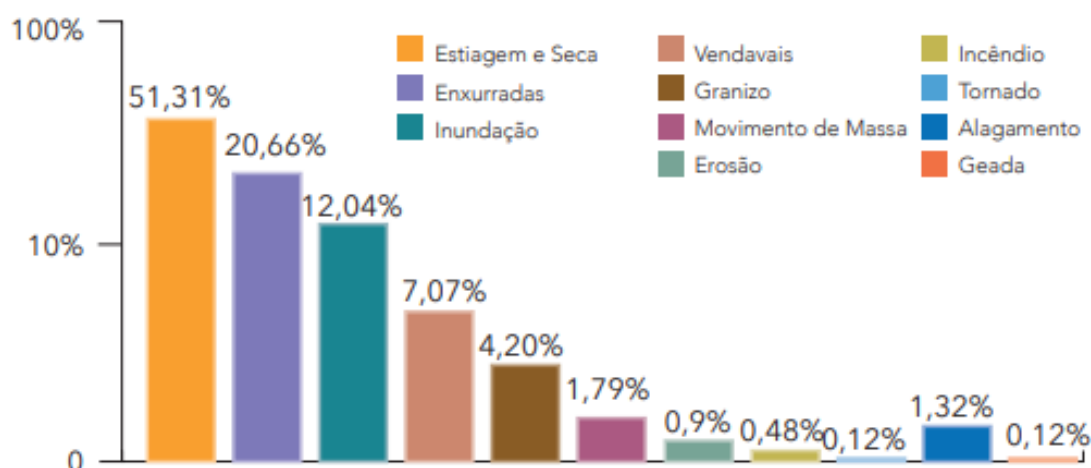


Gráf. 11: Temperaturas médias em São Paulo – SP (INMET, n.d.)  
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

## 2.5. Desastres naturais en Brasil

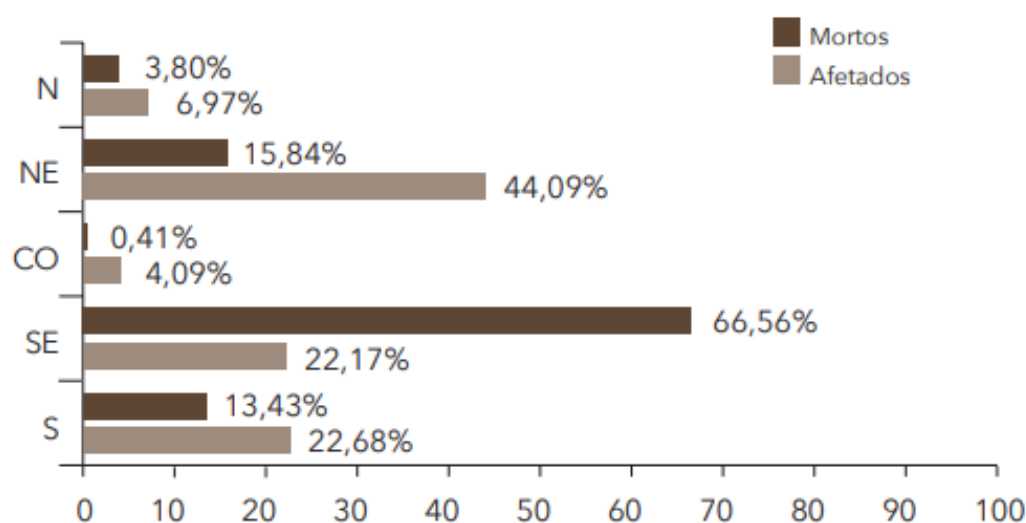
Con estas particularidades climáticas y sociales, el país acaba siendo afectado año tras año por desastres naturales, donde destacan entre estos, las sequías (típicas de la región Nordeste del país) y las catástrofes relacionadas a excesos de lluvias (*enxurradas*, *alagamentos* y *movimentos de massa*), más distribuidas a lo largo del territorio nacional, pero con fuerte incidencia en zonas cercanas a grandes metrópolis. Las *enxurradas* hacen referencia a una gran cantidad de lluvias o diluvios, causado daños a propiedades de la población. Los *alagamentos* e inundaciones son acumulaciones de agua pluviales en puntos vulnerables de la malla urbana

(normalmente relacionada a puntos de precario alcantarillado), aislando a la población, causando daños a la propiedad y dificultando el acceso de ayuda a estas zonas. Por fin, *movimentos de massa* equivalen a los deslizamientos de tierra, donde muchas edificaciones se ven parcial o completamente destruidas, eventualmente con heridos o incluso fallecimientos (UFSC, 2013).

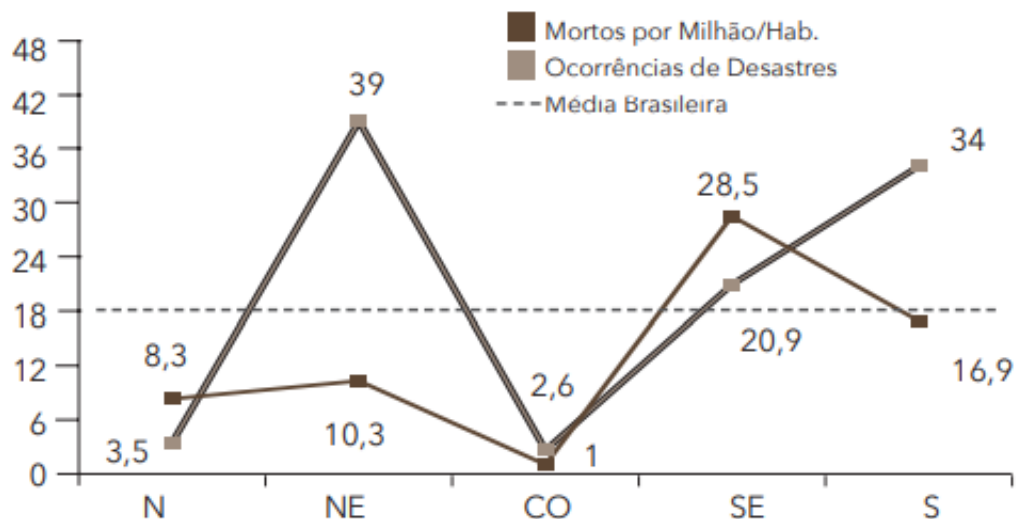


Gráf. 12: Afectados por tipo de desastre en Brasil, entre 1991 y 2012. Fuente: Brasil, 2013

En los gráficos a continuación se puede observar la repartición entre tipos de desastres habituales en Brasil, así como su frecuencia en cada región, donde se evidencia la proporción de desastres ocurridos en las regiones Nordeste y Sudeste, donde sus números son bastante superiores a la media nacional. También se puede evidenciar la densidad demográfica en la región Sudeste en el gráfico comparativo entre número de desastres y muertos por millón de habitantes (Gráf. 13), con una elevadísima tasa en relación al resto del país (UFSC, 2013).



Gráf. 13: Fallecidos a afectados por catástrofes naturales por región, entre 1991 y 2012. Fuente: Brasil, 2013



Gráf. 14: Comparativa entre número de desastres y muertos por millón de habitantes, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013

### 2.5.1. Fuertes lluvias

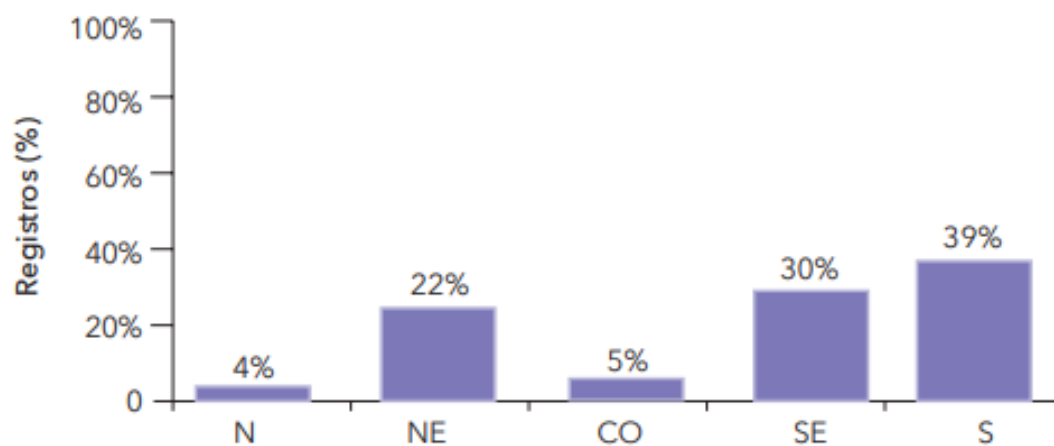
Cuanto a los desastres relacionados a las fuertes lluvias (*enxurradas*), se puede observar una distribución regular por todas las regiones, pero con fuerte incidencia en las ciudades de la costa atlántica y los estados del interior de Minas Gerais e São paulo, con climas de tropical atlántico y tropical de altitud. Sin embargo, es en la región Sur del país, donde se registran las mayores incidencias de este tipo de desastre, debido también a que su clima, subtropical, está más vulnerable a este tipo de evento. (UFSC, 2013).

Según (UFSC, 2013), estas incidencias suelen concentrarse en primavera y verano, especialmente en enero y febrero en la región Sudeste, donde alrededor de 10% de la población se ve afectada por dichos eventos. Dicha región también es la que registra mayor número de fallecimientos. Estados como Pernambuco o Alagoas, en el Nordeste brasileño, también tienen registros de este tipo de desastre, donde entre enero y febrero de 2004, los dos estados concentraron casi 60% de las *enxurradas* ocurridas en todo el país.

Sin embargo, el pequeño estado de Santa Catarina, al sur del país, registra fuertes incidencias de *enxurradas*, siendo el más afectado por este tipo de desastre en todo el país. Por tratarse de un clima con suficientes particularidades y diferencias de los climas tropical atlántico y tropical de altitud - el clima subtropical presenta temperaturas medias anuales de 20°C, con inviernos severos donde puede haber nieve a determinada altitud (Lamberts, Dutra y Pereira, 1997).- el abrigo emergencial que será propuesto posteriormente en este trabajo no se encaja con las exigencias de confort de las localidades de esta región, así como el material propuesto para el abrigo (el cartón) podría presentar serias dificultades cuanto a su desempeño, no siendo pensado inicialmente para esta localidades.



Fig. 06: Registros de fuertes lluvias en Brasil, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013



Gráf. 15: Registros de fuertes lluvias por regiones brasileñas, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013



## 2.5.2. Inundaciones

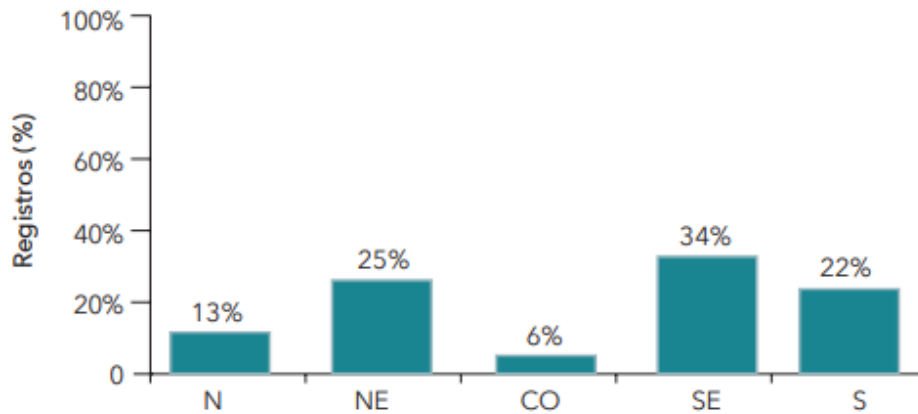
Cuanto a inundaciones y acúmulos de agua debido a grandes precipitaciones, se registraron en el país 4691 incidencias entre 1991 y 2012, donde se puede observar una mayor incidencia en las regiones Nordeste y Sudeste; especialmente en la segunda, castigada frecuentemente en los veranos por este tipo de evento. La región Sudeste concentra 1.615 acontecimientos, donde el Estado de Minas Gerais, concentra 1.050 de ellos (UFSC, 2013).

La frecuencia de ocurrencias de este tipo de eventos en estas dos regiones está muy relacionada a la concentración demográfica de ambas, donde en la Región Sudeste, existe una densidad demográfica superior a 85 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2011).



Fig. 07: Registros de inundaciones en Brasil, entre 1991 y 2012.

Fuente: Brasil, 2013



Gráf. 16: Registros de inundaciones por regiones brasileñas, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013

En el Gráf. 17, se puede observar la relación inversa entre las mitades norte y sur del país y la incidencia de precipitaciones. La mitad sur del país concentra las precipitaciones en primavera y verano (noviembre a marzo) mientras que los estados del norte se ven más afectados por las lluvias en el invierno (febrero a julio). Es destacable que la región Nordeste es la que más sufre con este tipo de evento, en lo que hace referencia a número de enfermos, desabrigados y desaparecidos, comparada a las demás regiones brasileñas (UFSC, 2013).



Gráf. 17: Frecuencia por mes de inundaciones entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013/

Además de procesos de urbanización ineficientes y gran concentración de población de baja renta en determinados puntos de las ciudades, gran parte de las inundaciones son consecuencia de las modificaciones en las dinámicas fluviales de los ríos urbanos, así como de un ineficiente sistema de drenaje de aguas pluviales y alcantarillado. Brasil presenta un elevado número de afectados por inundaciones que aumenta a cada año, a medida que los núcleos urbanos se expanden desordenadamente. Así, la población vulnerable a este tipo de evento suele pertenecer a grupos sociales relacionados a

aspectos y condicionantes específicos: clase social, género, etnia, educación y escolaridad, etc. (UFSC, 2013).

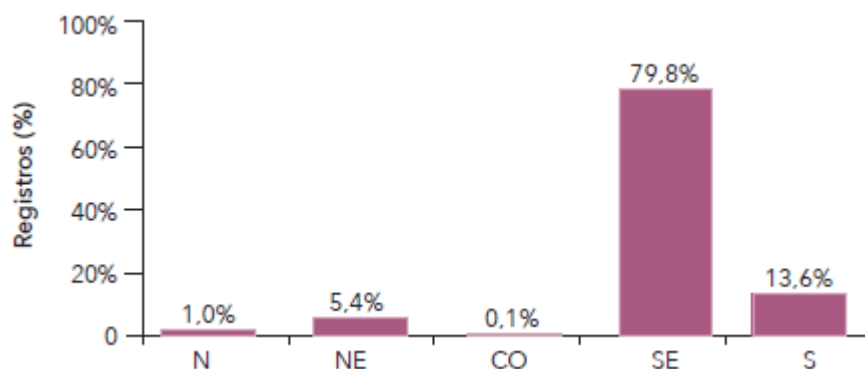
### 2.5.3. Movimientos y deslizamientos de tierra

Entre 1991 y 2012, se registraron en Brasil un total de 699 movimientos de tierra, concentrados en el litoral de país, especialmente en la Región Sudeste, donde los estados de Rio de Janeiro (153 registros), São Paulo (165 registros) y Minas Gerais (208 registros) son los más afectados del país. Más en concreto, el Estado de Rio de Janeiro se ve constantemente afectado por este tipo de desastre a cada verano, debido al exceso de lluvias característico de su clima. En esta localidad, las formaciones montañosas cercanas al mar son vulnerables a fuertes lluvias (UFSC, 2013).



Fig. 08: Registros de movimientos de tierra en Brasil, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013

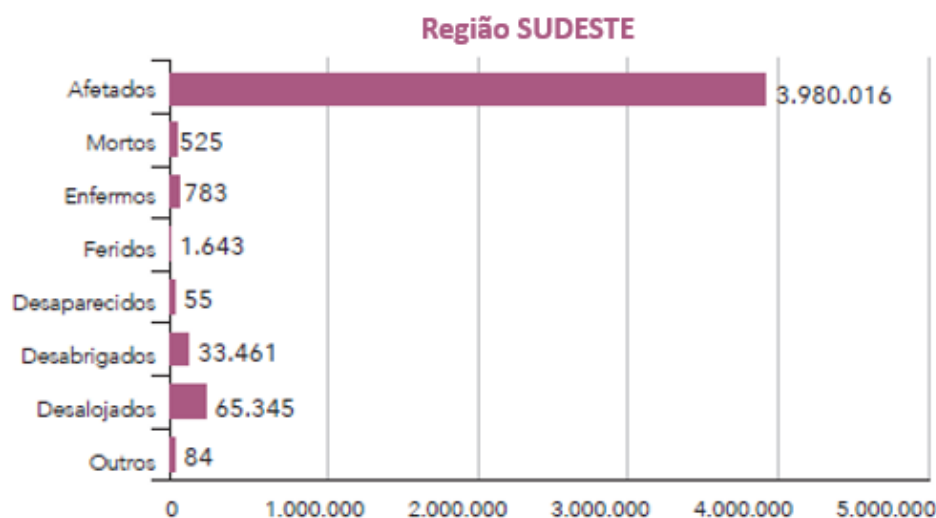




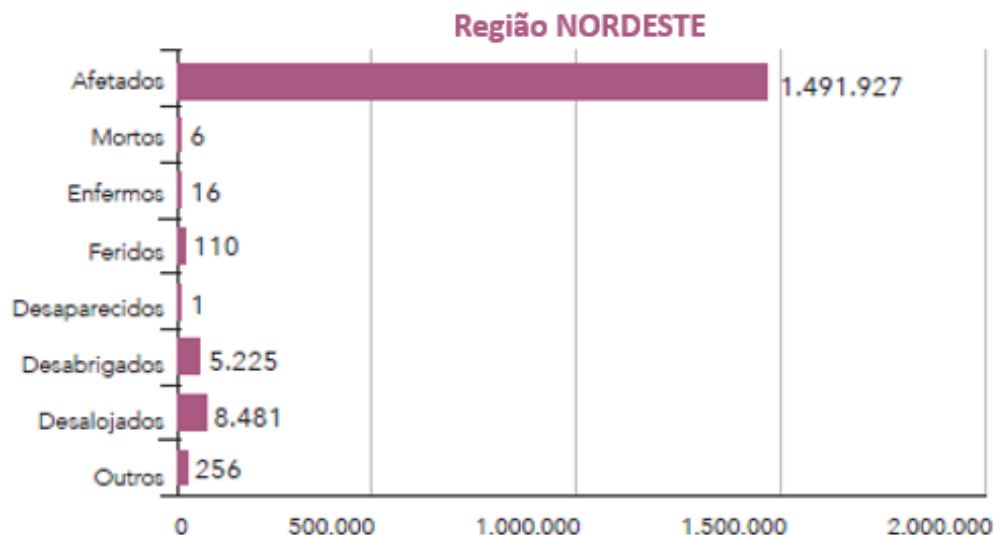
Gráf. 18: Registros de fuertes movimientos de tierra por regiones brasileñas, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013

A pesar de que la Región Nordeste presenta índices relativamente bajos de movimientos de tierra en relación a las regiones Sudeste y Sur, se puede observar en los gráficos 18 a 20, la cantidad de afectados en la región, superior a la región sur (UFSC, 2013). Esto se debe a la densidad demográfica de sus ciudades a la precariedad de las urbanizaciones características de esas localidades, dado que el sur del país, es considerada, junto a la región sudeste, la más desarrollada de Brasil.

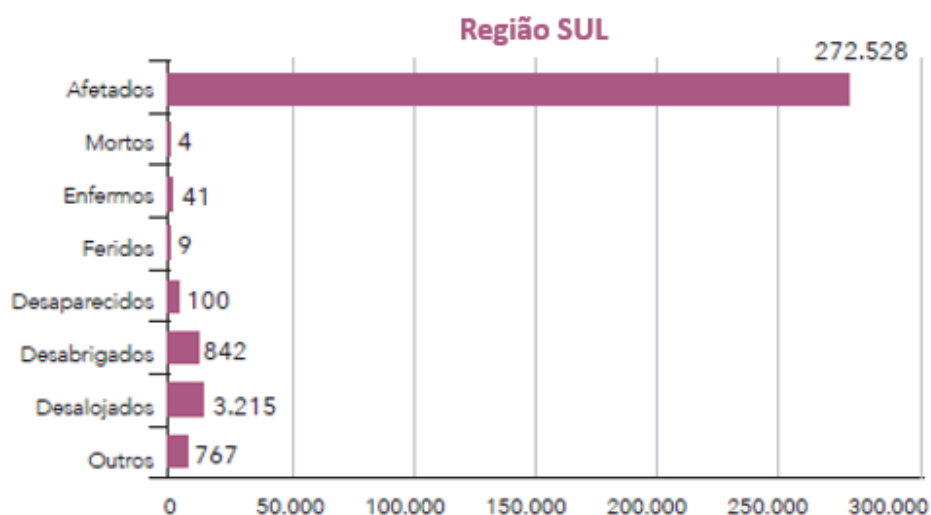
Cuanto a desabrigados, se puede observar que la región Nordeste tiene seis veces el número de la región Sul entre 1991 y 2012, con 5.225 y 842 víctimas respectivamente. Esto también se ve en el número total de afectados, donde la región Nordeste presenta números muy superiores a los registrados en la región Sul. Ante todo esto, es evidente que la región Sudeste, es, sin lugar a duda, la más castigada por este tipo de fenómeno, uno de los más impactantes y frecuentes que suceden en el territorio brasileño (UFSC, 2013).



Gráf. 19: Daños humanos por movimientos de tierra en la región Sudeste de Brasil, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013



Gráf. 19: Daños humanos por movimientos de tierra en la región Nordeste de Brasil, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013



Gráf. 20: Daños humanos por movimientos de tierra en la región Sur de Brasil, entre 1991 y 2012.  
Fuente: Brasil, 2013

#### 2.5.4. Casos específicos

El problema relacionado a los desastres naturales es de elevada gravedad y recurrencia en el país, donde muchos medios de comunicación relatan los acontecimientos. “Lluvias provocan deslizamientos de tierra y desabriga familias en Juiz de Fora”, del portal informativo G1, de 2013, relata que cuatro familias perdieron sus viviendas a causa de fuertes lluvias que provocaron el deslizamiento de tierra en un monte y, consecuentemente, dos casas fueron afectadas y se han ido abajo en Minas Gerais, en la ciudad de Juiz de Fora (G1 Zona da Mata, 2013).

Más reciente, de 2018, también según el mismo portal G1 “14 personas mueren en deslizamientos en Niterói; las búsquedas continúan”, catorce personas fallecieron en un deslizamiento de tierra en la ciudad de Niterói – Rio de Janeiro. Una escuela próxima a la ubicación, acogió a las familias que se habían quedado desabrigadas (Haidar y Santos, 2018).



*Fig. 09: Deslizamientos de tierra en Salvador – Bahia  
Fuente: G1 BA, 2015*



*Fig. 10: Casas afectadas por deslizamiento de tierra en Juiz de Fora – Minas Gerais  
Fuente: G1 Zona da Mata, 2013*



*Fig. 11: Desmoronamiento de viviendas en Niterói – Rio de Janeiro  
Fuente: Haidar y Santos, 2018*

Normalmente, cuando se trata de un bajo número de personas o familias desabrigadas, la gestión de esos afectados se hace de manera más simple, direccionándolos a hoteles cercanos a las zonas afectadas. Sin embargo, en los casos donde las catástrofes son de mayor porte (no siempre por causas naturales), la gestión y logística por parte de las autoridades se ve dificultada debido a la cantidad de víctimas.

A pesar de no estar relacionadas a eventos climáticos, dos desastres bastante traumáticos tuvieron lugar en 2015 y 2019, el rompimiento de dos presas de una misma empresa de minería, causó diversos daños en el estado de Minas Gerais. La primera, en la localidad de Mariana, 19 personas perdieron la vida en el incidente, y otras 400 se quedaron sin hogar y hasta hoy no lo han recuperado (Alessi, 2019). Por otra parte, en la localidad de Brumadinho, también en el estado de Minas Gerais, el rompimiento de una presa de características muy similares a las de Mariana, acabó por dejar a más de 150 muertos, y más de 80 personas desabrigadas, direccionadas a escuelas, pabellones, hostales e iglesias cercanas a la región afectada (Coelho, 2019).

Sin embargo, la situación se ve agravada una vez las catástrofes ocurren en las grandes ciudades del país. En Salvador, ciudad con aproximadamente 2,5 millones de habitantes y capital del estado de Bahia, en abril de 2015, debido a fuertes lluvias que cayeron sobre la ciudad causando deslizamientos de tierra, 13 personas murieron y más de 400 perdieron sus casas, siendo alojadas en pabellones deportivos y escuelas de la ciudad y casas de familiares (G1 BA, 2015).

En el verano de 2011, en la región metropolitana de la ciudad de Rio de Janeiro, tuvo lugar la peor tragedia climática en afectar al país. Más de 1000 muertos fueron registrados entre 4 ciudades (Teresópolis, Nova Friburgo, Sumidouro y Petrópolis), y más de 1200 personas han sido desalojadas y direccionadas a pabellones deportivos debido al riesgo de nuevos deslizamientos de tierra (G1 RJ, 2011).

Los reportajes evidencian que esta triste realidad es frecuente en determinadas zonas del país y está muy lejos de una solución eficiente. Basado en eso, es posible notar que la creación de abrigos temporales de emergencia, se hace esencial en situaciones de catástrofes, con el objetivo de garantizar en los primeros momentos la asistencia, privacidad y unidad familiar necesarios a los afectados, en cuanto esperan una solución definitiva y satisfactoria. Delante de una situación de pérdida y desamparo a causa de catástrofes y desastres, un mínimo aporte de dignidad puede mantener el equilibrio emocional de los afectados (Ferrari et al., 2016).



# 3.ABRIGOS EMERGENCIALES

## 3. ABRIGOS EMERGENCIALES

En países subdesarrollados o en vías de desarrollo, es común que eventos naturales y derivados de la actividad humana causen impactos significantes en parte de la población, comúnmente la menos favorecida.

Según Babister y Kelman, 2002, la utilización de un abrigo de emergencia puede verse relacionada a la necesidad de protección contra elementos externos, orientación, identidad y dignidad de los afectados. Así, el abrigo puede ser clave para salvar vidas y extender períodos de supervivencia.

### 3.1. Abrigos y situaciones de emergencia

En situaciones de emergencia y catástrofes, los abrigos y ayuda humanitaria son esenciales para la salvar vidas y garantizar seguridad y apoyo psicológico a los afectados. Desde la Segunda Guerra Mundial existen grupos y organizaciones responsables por prestar ayuda a los más desfavorecidos, y actualmente, son las principales herramientas para ayudar y garantizar cierta dignidad a las víctimas.

Así como la prestación de ayuda y atención, la logística, acampamentos, abrigos y tiendas han evolucionado con el tiempo, con el avance tecnológico de los materiales, las técnicas constructivas y las normativas vigentes. Una serie de parámetros debe ser llevados en cuenta actualmente para que un diseño pueda ser considerado como apto para ser utilizado en situaciones de emergencia. Así como los abrigos colectivos, los abrigos y tiendas individuales también deben de obedecer una serie de orientaciones y recomendaciones establecidas por esos organismos e instituciones que han trabajado en esta causa desde ya hace mucho tiempo, aportando más confort, integridad e unidad familiar en momentos tan traumáticos, ya que estos factores pueden traer importantes efectos psicosociales a las víctimas (Sphere, 2011).

Sin embargo, la relación entre el usuario y el abrigo no es tan simple, ya que además de proteger al individuo de los aspectos externos, el abrigo tiene que atender a una serie de aspectos culturales, normalmente vinculados al local donde se situará el mismo. Además de eso, la normativa existente no está establecida para todo el planeta, y así como la arquitectura común, debe adaptarse a cada localidad para que funcione de la manera más eficiente posible. En climas fríos, por ejemplo, exposición al exterior, producción de calor y controles de condensación y calidad del aire deben ser muy llevados en cuenta; sin embargo, en climas cálidos se debe primar la atención a un correcto sombreado y ventilación, además de evitar la proliferación de enfermedades. Por otra parte, objetivos como el mantenimiento de la dignidad, seguridad, intimidad y privacidad son menos cuantificables por parámetros, y exige una relación entre el abrigo y el usuario, además de los condicionantes externos (Anders, 2007).

Por último, los abrigos proporcionan identidad a los afectados, cuando en situaciones de pos-catástrofe, lo normal es estar traumatizado. El uso de determinados materiales y formas familiares puede hacer con que un abrigo sea aceptado por el usuario como un hogar transicional, y estas cuestiones socioculturales deben ser llevadas en cuenta a la hora de proponer el diseño de un abrigo emergencial (Anders, 2007).

Debido a esta cantidad de variables, los criterios y parámetros que serán tratados en este apartado, están más relacionados a necesidades y aspectos mínimos que deben ser alcanzados para proponer más seguridad y confort emocional, en el momento inmediatamente posterior a una situación de emergencia.

### 3.2. Situaciones Emergenciales en Brasil

La garantía de albergos es esencial para salvar vidas en situaciones de emergencia, proporcionando protección a las víctimas con relación a variables externas (guerra, violencia, crisis políticas, condiciones climáticas adversas, etc.) y mantenimiento de dignidad, privacidad y unión familiar ante una situación no favorable. Los albergos deben de ser proporcionados por las autoridades a los afectados en los momentos inmediatamente posteriores a la tragedia, y también tienen un papel muy importante a la hora de evitar el contagio de enfermedades y hasta muertes. Es ideal, que dichos albergos también puedan disponer de agua, alimentos, sistema sanitario y atención médica (Anders, 2007). Como mencionado en el apartado anterior, en Brasil, escuelas e institutos públicos suelen acoger a familias desahugadas, donde acaban compartiendo el mismo espacio.

Como mencionado anteriormente, el desastre ocurrido en la ciudad de Mariana en 2015 debido fallas y negligencias de una empresa de minería, dejó a muchas personas desahugadas. Gran parte de estas personas fue direccionada a un pabellón polideportivo de la ciudad, donde recibieron apoyo de instituciones humanitarias y donaciones de ropas, lechos, ropa de cama, agua, comida, etc. (G1 MG, 2015). En el desastre Brumadinho, de 2019, más de 70 familias afectadas por el desastre derivado del rompimiento de una presa, pasaron las primeras noches en hoteles, pagados por la empresa de minería responsable del evento (EM, 2019).



*Fig. 12: Desahugados en pabellón polideportivo en Mariana - MG  
Fuente: G1 MG, 2015*

En reportaje del portal informativo local Correio, 38 familias fueron direccionadas a una escuela pública, después de que se diera una alerta por deslizamiento de tierra en la comunidad de Vila Picasso, en el barrio de Capelinha, en Salvador, Bahia. Esta suele ser una solución común por las autoridades y Defensa Civil del Estado, a fin de evitar daños mayores (Vilas Boas, 2018).

El hecho de que dichas soluciones propuestas por las autoridades no sean obligatorias, si no que voluntarias, hace que muchas familias se nieguen a direccionarse a los locales de abrigo, optando por buscar por auxilio en casas de amigos y familiares, o permanecer en sus propias casas, ante el riesgo de un posible desastre. Son diversos los relatos de



afectados, que cuentan sobre el discomfort de permanecer en espacios que no garantizan la privacidad e integridad de afectados en situaciones de catástrofe colectivo (Vilas Boas, 2018).



*Fig. 13: Familias abrigadas en el pabellón deportivo de la escuela Municipal Henrique de Souza, en Piraquara, São Paulo, Brasil (Ribeiro, Trisotto y Rupp, 2010).*

Disponible en: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/familias-vao-continuar-morando-em-quadra-de-esportes-de-escola-djyqlrce53vfx25uwy24ldf7y/>

También es interesante que en situaciones de ese porte, las soluciones sean de simple comprensión por parte de los afectados. Siendo así, lo ideal es que, abrigos de emergencia sean de rápido acceso y montaje, y de bajo coste. Otro punto importante, es que dichas estructuras deben de tener claramente un carácter provisional, sin dar posibilidad a un uso definitivo o permanente, suponiendo apenas una transición entre un desastre previamente ocurrido, y una solución definitiva. Finalmente, se debe de considerar que la fabricación de los materiales utilizados para la construcción de dicho abrigo, sea hecha en el país de origen, reduciendo la necesidad de ayuda externa de otros países, además de reducir costes y tiempos en la operación (Anders, 2007).

### 3.3. Recomendaciones y logística generales

Cuanto a abrigos para situaciones de emergencia, por tratarse de usos ocasionales y muy variables a depender de las circunstancias, no existe una normativa que regule su construcción o uso, si no que recomendaciones y buenas prácticas definidas por algunos órganos y autores, que orientan sobre el mejor funcionamiento que debe tener una arquitectura de emergencia, para que esta sea lo más eficiente posible.

Según Lizarralde, Johnson y Davidson, 2010, algunas directrices son consideradas las más importantes y decisivas para la logística, construcción, funcionalidad, sostenibilidad

y factor social de una edificación de carácter emergencial, y siempre deben de ser llevadas en cuenta. Son ellas:

- Rápida actuación – Establecer contratos con proveedores para que la actuación post-catástrofe sea la más eficiente posible, así como tener delegadas las responsabilidades de cada actuante e interventor.
- Confort – Proponer un diseño de acuerdo con los factores culturales y locales de los afectados, así como evitar materiales peligrosos.
- Coste reducido – Ofrecer acomodaciones básicas y sin excesos, visando utilizar materiales y recursos existentes.
- Reutilización de recursos y materiales – Proponer un modelo apto para la reutilización o nuevo uso, incluso para donación.
- Conexiones sociales – Ubicar el abrigo lo más próximo posible del local afectado.
- Conveniencia de la ubicación – Adaptar distintos usos al local donde se situarán los abrigos.
- Servicios – Cuando la ubicación no disponga de toda la autonomía necesaria, disponer de los medios para que los afectados tengan acceso a todos los servicios básicos.
- Toma de decisiones – Delegar y habilitar a algunos afectados para la toma de decisiones (necesidades que deben de ser suplidas con urgencia)
- Integración con la reconstrucción local – Calcular el tiempo para el que el abrigo sea utilizado, así como estimar presupuesto con infraestructura y servicios incluidos.

Según la Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, 2001, del Estado de São Paulo, en situaciones de emergencia en Brasil, sea en una edificación adaptada (como suele ser habitual en el país), o en campamentos para desabrigados, se debe buscar seguir una serie de requisitos. Se recomienda que el local sea seguro, a depender de la situación, lejos del local donde ocurrieron los incidentes. Además de eso, debe presentar condiciones aceptables de salud pública e higiene, así como tener fácil acceso. También es muy importante que se disponga de agua potable, luz, gas y medios de comunicación. Según la Defensa Civil, en los abrigos, debe haber espacios como dormitorios (distribuidos por agrupación familiar o sexo), aseos (separados por sexo), cocina, comedor comunitario, sector administrativo, almacén, espacios de ocio y lavaderos colectivos.

Para la administración y gestión del abrigo, es necesario que haya responsables actuando en las funciones de coordinador, asistente social, médico, enfermero y jefes de seguridad, almacén y servicios generales. Además de eso, también son necesarios equipamientos y utensilios para primeros auxilios, archivadores, ropa de cama (colchones, almohadas, mantas, etc.), ropas y abrigos, purificadores de agua, material de limpieza, generadores de energía, extintores de incendio y herramientas para mantenimiento y eléctrico hidráulico. Algunas actividades colectivas también deben ser estimuladas con el objetivo de entretener a la población desplazada, como pueden ser: cocina colectiva, limpieza y mantenimiento de los asentamientos, actividades deportivas, etc. (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, 2001).

Al identificar el número de afectados, una junta debe inspeccionar y seleccionar edificios o estructuras apropiadas, identificadas previamente como potenciales locales de acogida en situaciones emergenciales. En centros urbanos, estos locales suelen ser: albergues, iglesias, galpones, pabellones polideportivos o clubes recreativos y afines. Es interesante no proponer el uso de escuelas para situaciones de este tipo, por evitar una reformulación del año lectivo en el caso de prolongar la estadía de los afectados (Anders, 2007).

### 3.3.1. Parámetros y directrices - Órganos reguladores

Son dos las principales instituciones encargadas de establecer parámetros y directrices para la arquitectura de carácter emergencial, y ayuda humanitaria de manera general. La primera de ellas, UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees), surge en diciembre de 1950, donde ha podido ayudar a refugiados en diferentes situaciones de crisis en todos los continentes a lo largo de su historia (UNHCR, n.d.).

Por otro lado, el proyecto Sphere, ha sido fundado en 1997 por profesionales humanitarios con la intención de mejorar y crear unos parámetros de calidad para atendimientos humanitarios en situaciones de desastres y emergencias. La Carta Humanitaria propuesta por dicha institución recoge una serie de normas y recomendaciones que deben de ser aplicadas en respuesta a este tipo de situación. En colaboración la Cruz Roja y Media Luna Roja, las normas de la institución se han convertido en una interesante referencia para distintas ONG, donantes, sector privado, voluntarios, etc (Sphere, n.d.)



Figs. 14 y 15: Izda: UNHCR Handbook for emergencies. Dcha: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. Fuente: UNHCR, 2007 y Sphere, 2011

En sus más actualizadas versiones de manuales, las dos instituciones proponen una serie de buenas prácticas sobre situaciones de emergencia. El Manual de Emergencia

de la UNHCR de 2007 (*UNHCR Handbook for emergencies*) tiene por objetivo guiar sobre las necesidades y principios de una respuesta humanitaria, atender a todos los sectores vitales y problemas del área afectada (incluyendo la selección y planteamiento del abrigo), planificar tareas administrativas y de campo, además de recoger unos estándares, indicadores y referencias sobre la actuación humanitaria.

La carta de 2011 de Sphere (*Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response*) trae informaciones sobre los principios centrales de la ayuda humanitaria, estándares aplicables con indicadores técnicos específicos, así como anexos con instrumentos legales sobre los códigos de conducta de la Cruz Roja y Media Luna Roja.

Es importante resaltar, que la mayoría de los parámetros e indicadores que traen ambas instituciones en sus documentos, tienen como principal foco de ayuda a las crisis que implican un gran número de desabrigados y refugiados, en localidades afectadas por guerras, conflictos sociopolíticos o catástrofes naturales de gran dimensión, implicando una gran masa de personas, muchas veces fuera de su país de origen.

Es interesante considerar que el término estándar viene siendo tratado de dos maneras distintas por los órganos. Para UNHCR, los estándares vienen determinados por el propio organismo en conjunto a los gobiernos y colaborados, con un carácter cuantitativo (UNHCR, 2007). Por otro lado, el proyecto Sphere los estándares están basados en la dignidad de la vida, con carácter cualitativo. Son sus indicadores, las herramientas de carácter cuantitativo, los responsables por medir las características e impactos de los estándares (Sphere, 2011).

Entre estos parámetros propuestos en cada uno de los documentos mencionados, están, por ejemplo: logística (recibimiento de afectados y abrigos, apoyo médico, etc.), acceso a agua (cantidad de estancias con grifo, distancia a estas estancias o la cantidad de agua por persona/día necesaria, etc.), estructura sanitaria (cantidad de inodoros por persona, distancia de los mismos de cada vivienda, o distancia entre el inodoro y el foso subterráneo), áreas (área mínima del campamento, superficies mínimas cubiertas y disponibles para casa habitante, etc.), protección contra el fuego (distancia entre abrigos y grupos de abrigos, distancia entre abrigos y techos de estructuras), residuos (distancia mínima entre viviendas y punto de eliminación de residuos y número máximo de usuarios por cada punto de descarte de residuos, etc.), acceso a distintos servicios (distancias mínimas a supermercados, escuelas, comedores, etc.).



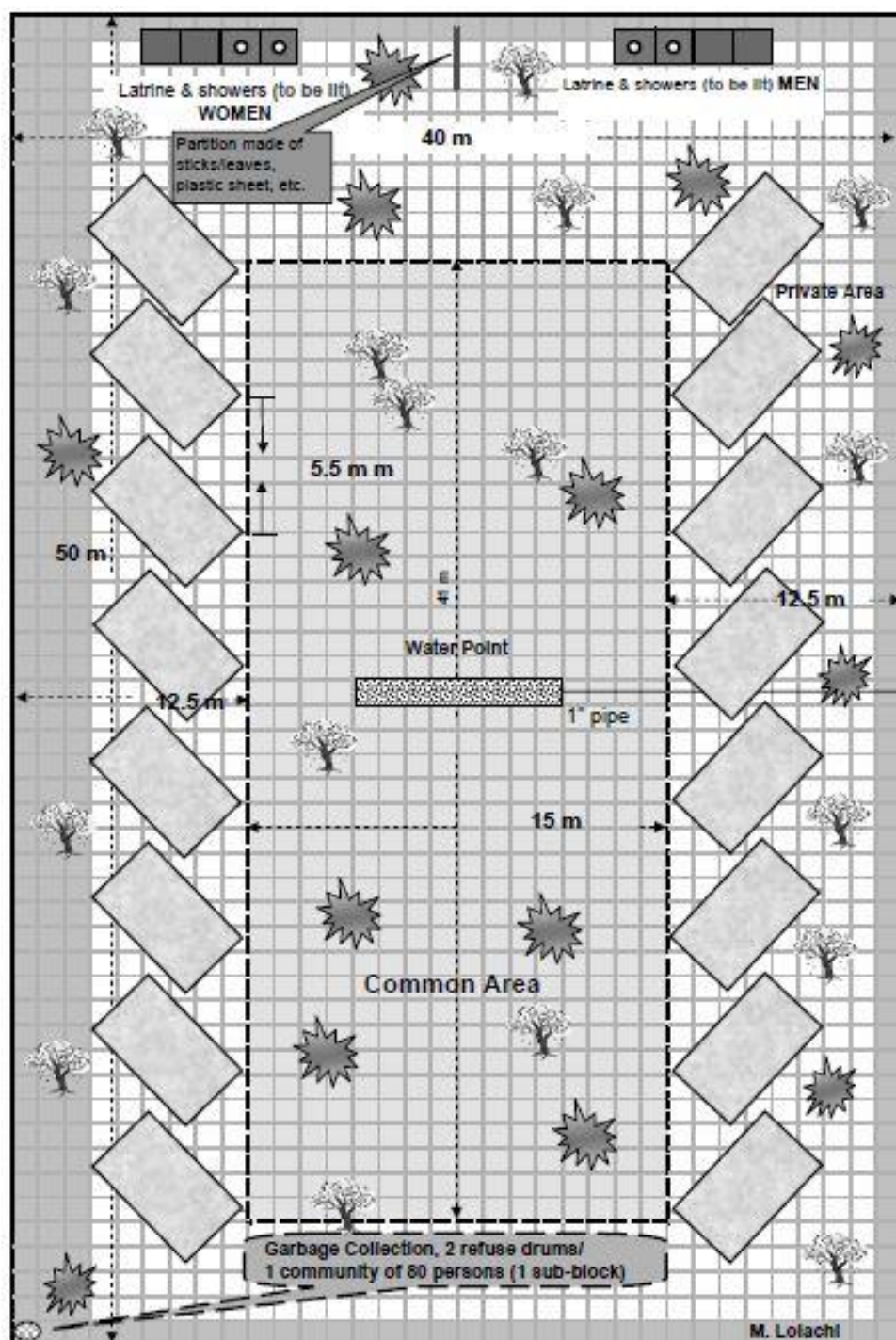


Fig. 16: Propuesta de campamento para refugiados  
Fuente: UNHCR, 2007

### 3.3.1.1. UNHCR

La institución no presenta muchos parámetros cuanto a la unidad de abrigo, pero si al campamento donde serán ubicados todos los abrigos emergenciales. Además de recoger parámetros y criterios acerca de las ayudas y principios de respuesta, protección, gestión, planificación operacional, relaciones externas, control de enfermedades, comodidades, etc., en su manual UNHCR de 2007 se listan los

parámetros y características que deben cumplir y tener los asentamientos y abrigos emergenciales, así como su planificación, para tener un desempeño satisfactorio (UNHCR, 2007). A continuación, se listarán los estándares exigidos a campamentos y abrigos/tiendas de emergencia aplicables al contexto del modelo de este trabajo.

Sobre la elección de local del asentamiento: evitar problemas futuros cuanto a una mala o ineficiente elección de un local para campamentos colectivos.

- 1- Antecedentes – Considerar el factor cultural de los afectados, ya que este suele ser determinante en el proceso de aceptación de un abrigo.
- 2- Suministro de agua – La disponibilidad de agua (evaluada por especialistas en el recurso) es un prerequisite para el asentamiento del campamento.
- 3- Dimensión del campamento – Planificar una superficie total de 45m<sup>2</sup> por persona en un campamento, aunque sea interesante ser flexible cuanto a este número. Cuando no sea posible alcanzar dicha superficie, evitar que dicha dimensión sea inferior a 30m<sup>2</sup> por persona.
- 4- Límites del campamento – Asentamientos con más de 20.000 afectados deben ser evitados.
- 5- Distancias – Se debe obedecer una cierta distancia entre campamentos, que varían y dependen de una serie de factores (accesos, proximidades, suministro de agua, etc.).
- 6- Expansión – Los campamentos deben estar preparados para aumentar sus dimensiones y prestaciones ante la posibilidad de nuevas llegadas de afectos por un desastre o crisis.
- 7- Derechos y usos del suelo – Los locales y ubicaciones deben ser proporcionados por autoridades públicas. El uso de propiedades privadas debe ser acordado por contratos formales. Los refugiados deben de tener uso exclusivo de la tierra que se les ha sido concedida, en acuerdo con autoridades locales y nacionales.

Sobre seguridad y protección: se recomienda evitar el asentamiento en proximidades de fronteras con otros países, así como de locales sensibles como perímetros militares o zonas de investigación.

- 1- Topografía y condiciones del suelo – Garantizar una localidad con adecuado drenaje del suelo, con pendientes suaves para evitar inundaciones (entre 2% y 4%).
- 2- Tipos de suelo - Evitar asentamientos con pendientes superiores a 10%. Evitar suelos rocosos y disponer, siempre que posible, de espacio para agricultura en pequeña escala
- 3- Accesibilidad – El asentamiento debe estar cerca de los puntos de suministro como alimentos, agua, combustibles y material de abrigo. Es importante considerar posibles atritos por culpa de ese suministro, entre desabrigados y ciudadanos comunes cuando la ubicación de un campamento es muy cercana a un centro urbano.
- 4- Clima y salud – El campamento debe controlar y evitar al máximo la proliferación de enfermedades. Las condiciones del asentamiento deben ser adecuadas para todo el año en uso, previendo las variables climáticas de cada estación.



- 5- Vegetación – El asentamiento debe de tener suficiente área verde (hierba, arbustos y árboles), amenizando temperaturas y evitando erosión y partículas de polvo.

Sobre la planificación del asentamiento: garantizar el acceso a servicios y actividades básicas a los afectados, con una adecuada organización física del campamento.

- 1- Masterplan - Diseño general que explicita la distribución de todo el campamento con todas sus comodidades y organizaciones (baños, tiendas individuales, jardines, áreas de ocio, centros de distribución, etc.).
- 2- Servicios e infraestructura – Especificación numérica de los recursos por persona (grifo, inodoro, supermercado, escuela, hospital, etc.), donde pueden ser planificados de cero o adaptados a partir de una estructura ya existente.
- 3- Planificación modular – Considerar formaciones internas dentro de un campamento para posibles ubicaciones y facilitar la gestión de los recursos (familia<comunidad<bloque<sector<módulo de campamento). Es interesante no seguir un modelo muy rígido, y si dar la posibilidad de organización propuesta por los afectados, siempre que estos lo deseen. La organización social, estructura familiar y factores culturales son de extrema importancia para el desempeño correcto de una comunidad en un campamento.
- 4- Consideraciones ambientales – Los impactos ambientales deben ser considerados y evaluados, e integrados a las características físicas del campamento desde el primer momento (densidad y dimensión del campamento, gestión de recursos naturales, ahorro de recursos como madera y combustibles, etc.).
- 5- Cuestiones de género – En situación de conflicto, considerar y atender con prioridad a las mujeres que han perdido a sus maridos, niños sin familia y hombres con efectos secundarios (enfermedad, mutilación, disturbio, etc.).
- 6- Servicios sanitarios – Después de garantizar el acceso a agua, definir los procesos de limpieza de baños, acceso a inodoros, fosas comunes, entre otras cuestiones de higiene.
- 7- Suministro de agua – Siempre que posible, la distancia entre un abrigo y un punto de agua limpia no debe exceder 100m. Los grifos de agua deben estar a una altura donde los residuos generados por el tráfico no los alcancen.
- 8- Carreteras – El asentamiento debe tener vías de circulación internas que conecten las distintas áreas y comodidades.
- 9- Prevención contra el fuego – en general, espacios cortafuegos de 30m (sin obstáculos) deben ser posicionados a cada 300m en el campamento. En campamentos modulares, los espacios cortafuegos deben ser posicionados entre los distintos bloques. Obedecer determinada distancia entre cubierta y estructura.
- 10- Servicios administrativos – Las edificaciones dedicadas a este uso deben ser simples y si posible, con un diseño que facilite usos alternativos.

Sobre el abrigo: crear criterios que definan el confort, protección y seguridad de los usuarios. A pesar de que las características de cada abrigo sean similares en distintas situaciones, cada evento y localidad presentará variables y condicionantes que deben ser respetadas.

- 1- Abrigo familiar - El alojamiento familiar siempre debe ser preferido ante uno comunitario, por cuestiones de seguridad, confort y privacidad.
- 2- Material – Los materiales utilizados en los abrigos deben ser, en la medida de lo posible, los mismos que se utilizan por la población local en situaciones normales. Se debe priorizar un rápido suministro de materiales, así como proponer material con bajo impacto ambiental, cuya construcción sea simple y práctica.
- 3- Parámetros mínimos – La ayuda humanitaria debe disponer de materiales y recursos suficientes para que la población afectada construya sus abrigos con dimensiones mínimas de 3,5m<sup>2</sup> por persona en climas cálidos, y 4,5m<sup>2</sup> a 5,5m<sup>2</sup> por persona en climas fríos.
- 4- Alteraciones en diseño - Es interesante que diseño del abrigo posibilite modificaciones por parte de los usuarios, con el fin de adaptarse a su realidad.
- 5- Cubiertas de plástico - El material utilizado para techos debe ser adecuado a la condición climática del local y costumbres de los afectados.
- 6- Tiendas LWET (*Light Weight Emergency Tents*) - Para las tiendas individuales, la vida útil debe de estar de acuerdo a la necesidad de la situación, y el tiempo de uso para que se tomen medidas más concretas o definitivas. Cuando las tiendas sean una solución para larga duración, se deben distribuir materiales y recursos para eventuales reparaciones y mantenimiento.
- 7- Abrigos pre-fabricados – Los abrigos pre-fabricados no se muestran del todo eficientes por cuestiones como: elevado coste, tiempo de transporte, tiempo de fabricación, falta de relación cultural con el usuario. Climas fríos - Preferencialmente, no utilizar tiendas como un recurso para climas fríos.
- 8- Climas fríos – Los abrigos pre-fabricados deben ser evitados por el hecho de tener que comportar en su interior a cocina y baño, además de obedecer un desempeño térmico, ocasionalmente disponer de chimenea, y tener fuerte resistencia contra vientos, lluvias o nieve.
- 9- Campamentos provisionales temporales – Recibir a los afectados en un campamento provisional mientras no se define o no se puede iniciar la construcción de un campamento definitivo. Este tipo de estructura debe estar preparado para estadias de corta duración (2 a 5 días).
- 10- Criterios para campamentos provisionales – Los criterios aplicados son los mismo exigidos a un asentamiento regular (acceso a agua y vías de comunicación, suelo adecuado, ubicación geográfica, dimensiones del campamento, distancia entre inodoros y grifos, etc.).

### 3.3.1.2. Sphere

Cuanto a campamentos, los parámetros que establece el organismo Sphere son muy similares los propuestos por UNHCR, sin embargo, mencionan algunas particularidades cuanto a los abrigos individuales. Según su manual de 2011, *Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response*, además de tratar de los asuntos relacionados al acceso a agua e higiene, seguridad de la comida y nutrición y salud, también se habla de parámetros y recomendaciones acerca de los abrigos y asentamientos. Según el manual, con los estándares cuanto a los abrigos y asentamientos, se pretende garantizar suficiente espacio cubierto para los afectados,

dándoles confort térmico, aire limpio y protección contra intemperies, además de proporcionarles privacidad, salud y seguridad, posibilitando aún actividades de subsistencia a ser realizadas (Sphere, 2011). Entre las directrices que deben ser aplicadas a los acampamentos y abrigos emergenciales, se pueden citar las siguientes:

Sobre el asentamiento: contribución en la seguridad, bienestar y confort de todas las partes afectadas en una catástrofe, promoviendo reconstrucción donde posible.

- 1- Evaluación, consulta y coordinación – Identificar necesidades de vivienda y asentamiento para afectados, población, riesgos, vulnerabilidad, capacidades y oportunidades, con el objetivo de abordar la recuperación desde el principio y elaborar informes detallados, incluyendo impactos ambientales.
- 2- Regreso – El objetivo principal de la operación es hacer que los afectados regresen a su tierra original, por medio de la reparación de viviendas o la mejora de las soluciones de refugio, determinadas por la población.
- 3- Ayuda de familiares y comunidades – En el caso de afectados deseen estar en viviendas de familiares y amigos, la ayuda humanitaria debe prestar apoyo a la familia o comunidad acogedora.
- 4- Campamentos comunitarios temporales – Aunque no deben ser una respuesta estándar por las autoridades, los campamentos planificados deben ser utilizados cuando los afectados no tengan viviendas de familiares u otra solución disponible, o no quieran o puedan volver a su asentamiento original.
- 5- Tipos de asistencia y abrigos – Distintos tipos de asistencia pueden ser necesarios para suplir las necesidades de la comunidad afectada. La asistencia básica incluye artículos personales (ropa, ropa de cama, colchón etc.) y artículos para el hogar (estufas, combustibles, generadores, etc.). Los refugios de transición utilizan materiales que puedan reutilizarse.
- 6- Abrigos de transición – Son los abrigos construidos por la población en los momentos posteriores al desastre, y deben ser apoyados. Las soluciones de este tipo de refugio pueden ser utilizadas en abrigos temporales como soluciones más permanentes.
- 7- Asentamientos de riesgo – Deben ser consideradas las amenazas y riesgos de los campamentos, evaluando edad, género, discapacidades, situación económica o dependencia del medio por parte de la población afectada.
- 8- Remoción de escombros – Etapa que tiene que ser realizada inmediatamente posterior al desastre. Consiste en la identificación y remoción adecuada de eventuales cadáveres, así como recuperación de objetos personales y materiales reutilizables.
- 9- Infraestructura – El acceso a servicios básicos debe ser garantizado a los afectados (escuelas, puestos de salud, espacios con ocio, etc.).
- 10- Apoyo al sustento – Disponibilidad de tierra para posibilitar agricultura, así como espacio para eventuales mercados.

Sobre los planes de regreso, acogida y asentamientos colectivos temporales: permitir el uso seguro de instalaciones y servicios básicos a la población afectada.

- 1- Planificación – La planificación local debe ser informada y condicionada al tipo de desastre/crisis.

- 2- Derechos y uso de las dependencias y tierras del abrigo – Para poblaciones desplazadas y no desplazadas, identificar la propiedad de las tierras, viviendas y edificios y los titulares de derechos de uso formales.
- 3- Servicios esenciales – Asegurar el acceso seguro a los campamentos, abrigos y servicios esenciales.
- 4- Selección de la ubicación – Utilizar patrones de asentamientos y característica ya existentes para causar el mínimo impacto en el medio ambiente.
- 5- Planificación de asentamientos colectivos - Involucrar a la población afectada en la planificación de los asentamientos colectivos temporales, por familia, barrio, o afinidad según corresponda.
- 6- Área del campamento y seguridad – Disponer la superficie disponible para los afectados en los asentamientos, así como atender a una adecuada separación para casos de incendio y propagación de fuego.
- 7- Riesgo vectorial – Reducir el riesgo vectorial (propagación de enfermedades).

Sobre el área disponible cubierta: disponer a los afectados de suficiente espacio cubierto que les proporcione confort térmico, aire limpio y renovado y protección contra intemperies adecuadas.

- 1- Área cubierta – asegurar que cada afectado tenga el espacio adecuado de área cubierta (como mínimo, 3,5m<sup>2</sup> para climas cálidos y 4,5m<sup>2</sup> para climas fríos). Las soluciones y materiales utilizados en el diseño del abrigo deben atender a las necesidades de los usuarios, y tener desempeño técnico adecuado además de ser culturalmente aceptado.
- 2- Cultura, seguridad y privacidad - Dentro del espacio comunitario cubierto, se deben de posibilitar subdivisiones internas, con el objetivo de alojar a miembros de una misma familia en “hogares individuales”.
- 3- Actividades del hogar y subsistencia - Intentar que se puedan llevar a cabo actividades del hogar y de subsistencia dentro de la superficie cubierta del asentamiento.
- 4- Soluciones, diseño y construcción del abrigo – Promover soluciones y materiales con las que los afectados estén familiarizados, cultural y socialmente aceptados por estos, y ambientalmente sostenibles. Cuando se proporcionen láminas de plástico a los afectados, los afectados deben recibir herramientas, cuerdas u otro tipo de apoyo que los auxilie en la construcción del abrigo.
- 5- Confort térmico, ventilación y protección - En climas cálidos y húmedos, el abrigo debe maximizar la ventilación y minimizar la entrada de Sol y la cubierta debe tener su propia inclinación para direccionar ocasionales aguas de lluvia. En climas fríos se recomiendan estructuras pesadas con gran masa térmica, así como minimizar el flujo de aire. También es importante proporcionar una adecuada ventilación y renovación de aire, con el objetivo de reducir el riesgo vectorial, además de proporcionar el confort adecuado.

Sobre los estándares de abrigo y asentamiento: asegurar una construcción segura, de acuerdo con la práctica y conocimiento locales, maximizando la participación de los afectados.

- 1- Participación de la población – Involucrar al máximo a la población local en el proceso constructivo del abrigo, para el cual, se debe de evaluar la capacidad y

conocimiento técnico de la población. También se debe disponer a la población de las herramientas necesarias para la construcción de los abrigos.

- 2- Reducción de riesgos y construcción segura – Minimizar los riesgos estructurales con una construcción adecuada, priorizando una construcción ligera.
- 3- Estándares y normativa - Las soluciones y diseño deben cumplir con las especificaciones nacionales e internacionales, además de ser aceptado por la población afectada.
- 4- Gestión de la construcción – Gestionar la provisión de materiales, recursos, mano de obra, y asistencia técnica, asegurando su búsqueda, transporte y administración.
- 5- Mejorías y mantenimiento – Permitir el mantenimiento y mejora de los refugios individuales, utilizando recursos y herramientas locales.

Sobre el impacto ambiental: además de los aspectos técnicos exigibles a la edificación, el manual advierte sobre las preocupaciones relacionadas al medio ambiente y sostenibilidad de la propuesta:

- 1- Evaluación ambiental – evaluar el impacto ambiental de un desastre para analizar la mejor respuesta.
- 2- Sostenibilidad y gestión de los recursos ambientales – donde los recursos naturales para la creación de un abrigo estén disponibles, los asentamientos deben intentar reducir el daño ambiental.
- 3- Reducir el impacto ambiental a largo plazo – los efectos a largo plazo deben ser minimizados con una gestión ambiental complementaria y actividades de rehabilitación.
- 4- Reposición de materiales de construcción – establecer tasas de propiedad y control de los recursos (agua, ladrillo, cemento, arena, comida, etc.). Las fuentes de suministro pueden apoyar a la economía local y reducir impactos negativos al entorno natural local.
- 5- Erosión – Los abrigos comunes deber estar preparados para retener árboles y otros tipos de vegetación para estabilizar y mejorar el suelo, minimizando riesgos de inundaciones y erosiones.
- 6- Regeneración natural – el medio ambiente debe mejorarse alrededor de los asentamientos colectivos a través de medidas ambientales adecuadas.

### **3.4. Soluciones de abrigos emergenciales**

Las distintas soluciones para abrigos de emergencia suelen variar en función de la eficiencia que debe ser prestada a las necesidades de los usuarios. Por eso, los organismos de ayuda humanitaria se enfrentan al dilema de disponer un abrigo de prestaciones mínimas para muchas personas, o abrigos más preparados para una cantidad más reducida de afectados (Anders, 2007).

Sin embargo, algunas características básicas de esos abrigos afectan directamente en su modelo de construcción y distribución. El abrigo emergencial, como ya visto anteriormente, debe cumplir con las siguientes exigencias: bajo coste, rápida disponibilidad, fácil ejecución y adaptabilidad. Existen algunos materiales “universales” que suelen tener buen resultado siempre que utilizados para este tipo de construcción.

Chapas de acero galvanizado (fácil transporte, almacenamiento, producción y coste reducido) o la lona plástica (impermeable, resistente, flexible y de buena durabilidad) son dos buenos ejemplos. Es importante considerar que el peso y tamaño de los materiales implica directamente en el tiempo en que estará disponible para su uso (Anders, 2007).

En situaciones emergenciales, las soluciones más habituales y correctas a ser tomadas son: reparo o rehabilitación de viviendas (los afectados permanecen en sus viviendas y son auxiliados por programas e instituciones encargados de reparar la vivienda), auto-abrigo (los afectados encuentran abrigo en casa de familiares o amigo, o bien se dirigen a hoteles o albergues), adaptación de edificios (ocupación de edificios sin uso continuo, como iglesias, pabellones, galpones, etc.), o campamentos de desabrigados (normalmente la última opción, por suponer más costes e imponer más dificultades que las anteriores). A pesar de que estos campamentos sean para uso temporal, mitad de ellos acaba durando más de cinco años, y apenas una cuarta parte dura menos de dos.

Se destacan dos corrientes de pensamiento para intervenciones que impliquen campamentos de emergencia. La primera de ellas sugiere una intervención mínima, aportando apenas subsistencia; sin crear interferencias con la dinámica de una emergencia, donde la ayuda prestada no debe generar dependencias externas o hacer con que los afectados no deseen volver a sus residencias y locales de origen, alargando el uso del campamento temporal. Este tipo de abrigo es comúnmente construido con materiales y técnicas locales. La segunda supone una intervención mejor planificada y de más impacto. El inconveniente de este tipo de solución es la dependencia de asistencia y un coste más elevado y de mayor tecnología, muchas veces incompatible con la realidad de los usuarios (Anders, 2007).

También se puede separar los abrigos emergenciales según el grado de la emergencia y el efecto que se pretende causar en la población. Para entender dicha separación, se deben entender dos contextos para los que los abrigos son diseñados.

El primer contexto es el de salvar vidas y estabilizar (emocional y físicamente) a la población afectada, inmediatamente después de un desastre, cuando la situación está más descontrolada y existe la posibilidad de que los daños aumenten consecuentemente, aumentando también el número de afectados. Como ya mencionado anteriormente, se recomienda que los abrigos sean construidos por la propia población afectada con el auxilio de grupos e instituciones de ayuda humanitaria, utilizando materiales locales, lo que facilita el entendimiento de que se trata de un proceso pasajero (Kronenburg, 1995).

El otro contexto es el de los campamentos y asentamientos de refugiados y desabrigados, que implica problemas y discusiones entre la ayuda humanitaria y los distintos gobiernos y autoridades locales, debido normalmente a conflictos de intereses político-sociales. Este tipo de estructuras suele ser desarrollada previamente al desastre, implicando costes de transporte y construcción. Sin embargo, es interesante que la población acabe involucrándose lo antes posible en algún proceso de construcción del campamento, participando también en las divisiones y organizaciones internas (familias, cuadras, bloques, etc.). Este tipo de solución conlleva una serie de problemáticas relacionadas a la vida útil de las estructuras, ya que, como mencionado



anteriormente habitualmente, los asentamientos derivados de ellas tienen media o larga duración (Kronenburg, 1995).

Dicho esto, los abrigos de emergencia utilizados en campamentos de emergencia pueden ser clasificados como: construcciones en el local (construidos con materiales locales disponibles en el momento, de bajo coste y con alto porcentaje de ser reciclado después del período de uso) o kits (unidades pequeñas y ligeras, de fácil transporte y almacenaje, con aspecto de temporal y aceptación y vínculo cultural).

Los distintos fabricantes de esas estructuras portátiles y transportables, utilizan una serie de métodos y tecnologías para resolver la problemática del acondicionamiento y portabilidad. Debido a esos métodos y según el abordaje que hace Kronenburg, 1995 cuanto a la gravedad del contexto para que se necesita un abrigo amergencial, Anders, 2007 propone la división de kits de emergencia en cuatro grupos: Tensile, Module, Flat-Pack y Neumático.

### 3.4.1. Sistema Tensile

El sistema Tensile es el más recomendable cuando solo se disponen de espacios limitados, por ser el modelo más flexible. La solución común en este sistema suele ser una membrana fina sostenida por una estructura rígida, formando una tienda que debe ser montada en el momento de su uso, donde la combinación de estos dos elementos básicos da lugar a una gran variedad de tiendas. Normalmente, la estructura rígida es de acero o aluminio, mientras que la tela para la envolvente suele ser de compuestos plásticos, especialmente por sus buenas prestaciones como aislante (Anders, 2007).



Fig. 17: Tienda emergencial con sistema Tensile. (IgreenSpot, n.d.)

Disponible en: <http://www.igreenspot.com/life-cube-an-emergency-shelter-that-saves-time-in-setting-up/>

### 3.4.2. Sistema de Módulo

Dicho sistema consiste en unidades entregadas prácticamente listas para el uso, sin implicar un proceso de montaje. Con aspecto similar a containers, las unidades funcionan de manera independiente (con la posibilidad de asociarse entre ellas), donde solo resta la necesidad de conectarlas a una red de alcantarillado. Los materiales más frecuentes en este tipo de abrigo son la madera y el acero, pero es cada vez más habitual que se construyan abrigos de este tipo con materiales plásticos. Como punto negativo, el transporte acaba siendo complicado por la dimensión y peso del abrigo (Anders, 2007).



Fig. 18: Módulo Emergencial. (França, 2018)

Disponibile en: <https://www.emaisgoias.com.br/conteineres-poderao-ser-usados-como-moradias-postos-de-saude-e-pontos-de-onibus-em-goiania/>

### 3.4.3. Sistema Flat-Pack

El sistema Flat-Pack, una vez montado, proporciona espacios similares a los proporcionados por el sistema de Módulo. La gran diferencia entre ambos sistemas está en la forma de transporte y recibimiento, puesto que el Sistema Flat-Pack consiste en entregar la unidad desmontada, reduciendo considerablemente sus dimensiones, lo que facilita el transporte. Otra ventaja cuanto a este sistema está relacionada al acceso a la ubicación de montaje, ya que su peso y dimensiones no implican una restricción para acceder a locales más dificultosos. Los materiales utilizados en este sistema suelen ser los mismos aplicados en sistema Module, sin embargo, la calidad y eficiencia varían a depender de los métodos de montaje (Anders, 2007).



Fig. 19: Proceso de montaje de una estructura emergencial Flat-Pack. (Stinson, 2013)  
 Disponible en: <https://www.wired.com/2013/07/ikeas-innovative-new-refugee-shelter/>



Fig. 20: Estructura emergencial Flat-Pack. (O'Kefee, 2015)  
 Disponible en: <https://www.greenprophet.com/2015/03/ikea-rolls-out-10000-flat-pack-refugee-shelters/>

#### 3.4.4. Sistema Neumático

Las estructuras neumáticas o hinchables consisten en una membrana tensionada, con la presión ejercida por el aire. La gran ventaja de este tipo de estructura es que permite la construcción de grandes estructuras con un peso muy reducido. Sin embargo, el sistema presenta inconvenientes cuanto a la resistencia a los vientos o a vaciamientos accidentales a causa de agujeros y perforaciones, además de tener una necesidad constante de renovación de aire (Anders, 2007).



Fig. 21: Estructura emergencial neumática. (Tecnodimension, n.d.)  
Disponibile en: <https://www.tecnodimension.com/producto/hospital-de-emergencia-hinchable/>

### 3.5. Estudios de caso

En este apartado, se analizarán brevemente abrigos utilizados en contextos distintos, con el objetivo de entender su funcionamiento y sacar conclusiones positivas y negativas cuanto a su funcionalidad y eficiencia. Los abrigos Cardborigami y el Paper Log House fueron escogidos para este apartado por utilizaren del cartón como principal materia prima, y el abrigo Exo House, por características interesantes cuanto a sus dimensiones y transporte, a pesar de estar hecho con componentes plásticos.

#### 3.5.1. Cardborigami

Nombrado de esta manera por estar hecho de cartón (*cardboard* en inglés) y por ser similar a un origami cuanto a su sistema de montaje, el Cardborigami es un abrigo temporal destinado a personas sin hogar en la ciudad de Los Angeles, Estados Unidos. El diseño del abrigo es de la arquitecta Tina Hevespian, cuya característica principal es el montaje sencillo que puede ser realizado por dos personas en apenas 30 segundos. Además de eso, el cardborigami tiene un fuerte carácter itinerante, pudiendo ser doblado y desplazado con facilidad, debido a su reducido peso, adaptándose a la realidad de los usuarios para los que el abrigo ha sido idealizado, puesto que tienen la necesidad de desplazarse constantemente (Dietzsch, 2014).

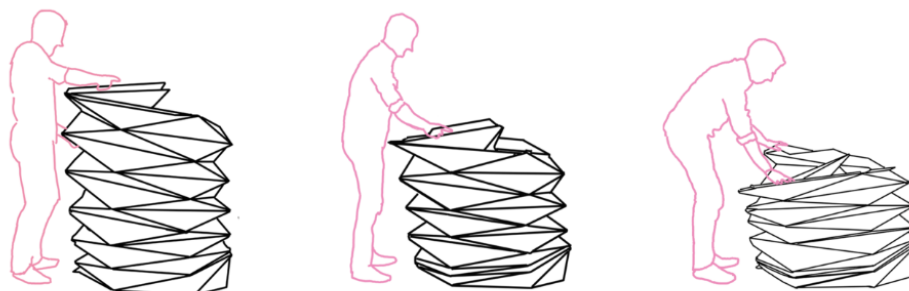


Fig. 22: Cardborigami. (Cardborigami, n.d.)  
Disponibile en: <http://www.cardborigami.org/welcome#cardborigamihome>.



Además del abrigo, la arquitecta creó una organización que propone un plan de cuatro pasos con el objetivo de inserir a los desahuciados de las calles en el mercado de trabajo. El primer paso supone inscribirse en el programa y recibir el cardboardgami; el segundo consiste en concederle apoyo social al usuario; el tercer paso corresponde con encontrarle una vivienda definitiva al mismo, y el último significa buscar trabajo para que el usuario pueda auto sostenerse e integrarse en la sociedad (Dietzsch, 2014).

La propuesta de la arquitecta permite entender la importancia de una arquitectura social, dedicada y preocupada con los menos favorecidos, además de suponer un diseño innovador que se adapta a las variables del usuario principal, y proponer la posibilidad de que este tenga la oportunidad de cambiar de vida.



Fig. 23: Cardborigami cerrado. (Cardborigami, n.d.)  
Disponibile en: <http://www.cardborigami.org/welcome#cardborigamihome>.



Fig. 24: Cardborigami desplegado en uso. (Cardborigami, n.d.)  
Disponibile en: <http://www.cardborigami.org/welcome#cardborigamihome>.

### 3.5.2. Paper Log House

Shigeru Ban, arquitecto japonés máximo representante de la arquitectura hecha con cartón como principal material constructivo, creó en 1995, el Paper Log House. El abrigo de emergencia cuenta con aproximadamente 16m<sup>2</sup> y fue idealizado para las familias que quedaron sin casa en el terremoto que ocurrió en Kobe, Japón, en el mismo año, donde 6400 personas perdieron la vida y más de 300 mil personas quedaron sin sus hogares. Las principales directrices para el abrigo fueron el tiempo y coste de montaje. Al final se llegó a una estructura que tardaba entre seis y diez horas en ser construida, con un coste inferior a dos mil dólares (Araujo, 2017).

La base del abrigo está fuera del contacto con el suelo, suspensa por cajas plásticas rellenas con sacos de arena, evitando posibles humedades. Tubos de cartón con diámetro de 106mm y espesor de 4mm en vertical componen las paredes (solución utilizada más de una vez por el arquitecto), aisladas con cinta de esponja impermeable hecha con pegamento, que a su vez unía a los tubos. La cubierta implicaba una solución simple, con una lona plástica sujeta por la base del abrigo, auxiliada por una estructura triangular, también de cartón, en la parte superior (Araujo, 2017).



Figs. 25 y 26: Paper Log House  
Fuente: Araujo, 2017

### 3.5.3. Exo House

Creado en 2013 para las víctimas en Estados Unidos del huracán Katrina, que tenían la necesidad inmediata de abrigo emergencial. El diseño es de la empresa Reaction Housing System, con área interna de 7,60m<sup>2</sup> con capacidad para hasta cuatro personas, por poseer en su interior a dos camas dobles plegables y fijadas a las paredes. Estos módulos tienen la ventaja en poder conectarse a otros y ampliar sus funciones, como por ejemplo, baño o cocina (Araujo, 2017).

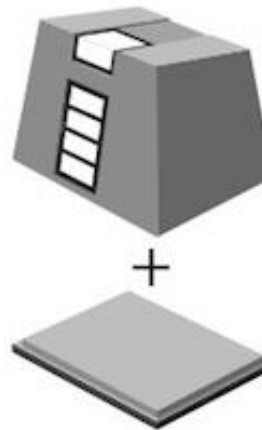
El abrigo lleva aproximadamente dos minutos en ser montado por dos personas, sin necesidad herramientas, gracias a su diseño elaborado apenas con dos piezas, la primera de ellas corresponde a las paredes y techo y la segunda al suelo. Las dos piezas están hechas de una mezcla de plástico y metal, haciendo que su peso sea muy



reducido. El Exo House también utiliza vidrio traslúcido templado para facilitar la iluminación natural. Debido al diseño de las piezas y su bajo peso, el transporte es muy sencillo, con la posibilidad de empilar las piezas las unas en las otras, optimizando el espacio ocupado cuando desmontadas. Generadores de energía portátiles en el interior permiten la locación de enchufes, además de iluminación. Otra ventaja de este diseño, es su reducido coste; el Exo Housing costa aproximadamente 5 mil dólares, una cuarta parte de lo que suele costar un abrigo de emergencia con esas cualidades (Araujo, 2017).



Fig. 27: Interior del abrigo Exo House  
Fuente: Araujo, 2017



Figs. 28 y 29: Izda: proceso de transporte. Dcha: elementos de montaje del Exo House  
Fuente: Araujo, 2017

# 4. EL CARTÓN

## 4. EL CARTÓN

Fabricado a partir de fibra de celulosa derivada de la madera, el papel viene siendo un recurso natural y renovable, que, una vez utilizado y descartado correctamente, puede ser reciclado y reincorporado a la cadena de producción, y volver a convertirse en papel.

Debido a estas propiedades, el cartón puede suponer un interesante aliado en la arquitectura como material constructivo, como ya ha sido utilizado por arquitectos pioneros, ya que presenta una serie de características y resistencia adecuadas para determinados usos.

## 4. Origen

La producción de papel corresponde al siglo II a.C. en China, donde se utilizaban restos de arroz, cáñamo y algodón o seda para su obtención (Gamarra, 2015). En el siglo VIII, la tecnología de la producción de papel pasó a manos de los árabes, que, a su vez, lo expandieron a Europa por la Península Ibérica durante las guerras entre culturas árabes y cristianas. Finalmente, la invención de la imprenta en el siglo XV y la posterior revolución industrial, permitieron la diseminación del recurso y su definitiva expansión alrededor del planeta, proporcionando un cambio de paradigma en los moldes culturales, así como en el comportamiento social, económico y medios de producción (Recicloteca, n.d.).

Debido a la gran variedad de aplicaciones dadas a los productos derivados de las fibras de papel, este posee características (calidad y dimensión de las fibras utilizadas, estructura y formación de láminas, tratamientos químicos, etc.) que pueden variar mucho a depender de su tipo y procedencia. Así, características como dureza, resistencia o durabilidad pueden tener grandes variaciones entre cada tipo de papel (Salado, 2006).

Dicha clasificación es comúnmente dada en función del uso para el que el papel será destinado, como, por ejemplo: papeles para impresión, cartulina, papel biblia, papel carbono, papel moneda, papel fotográfico, kraft, semikraft, entre otros. Cada tipo de papel aun es dividido en subcategorías que presentan nuevas particularidades acerca de coloración, espesor, gramaje, etc., dando lugar a productos finales con infinidad de características diferentes.

Los papeles kraft o semikraft son las principales materias primas para la fabricación de tubos de cartón, a pesar de que gran parte de todo el papel kraft producido en el mundo acabe destinado a la producción de chapas de cartón, utilizadas principalmente, como embalajes y cajas de diversos productos de diversas industrias (Salado, 2006).

El papel kraft, fue creado en 1879 en Alemania por Carl Dahl, presenta habitualmente una coloración marrón, y es caracterizado por su resistencia a golpes y dobladuras. Este tipo de papel se fabrica a partir de un proceso de enfibrado de la pulpa de la madera, donde se separa la lignina de la celulosa de la madera, hirviendo las astillas hasta que estas se convierten en una pasta blanca hecha de hidróxido y sulfuro de sodio. Finalmente, las astillas se convierten en pulpa, cuando puede ser insertada el proceso de fabricación de diversos productos. Actualmente, el papel Kraft ha dejado de ser utilizado apenas como un recurso secundario, sino también como un producto final con diversos fines estéticos con distintas características, muchas veces asociadas a un trabajo artesano y de calidad y resistencia superiores a lo habitualmente encontrado en el mercado (Impresum, 2015).

### 4.1. Utilización como material constructivo

A pesar de su aparente debilidad, el papel y sobretodo el cartón, presentan interesantes características que pueden ser aprovechadas y potencializadas para su uso en la

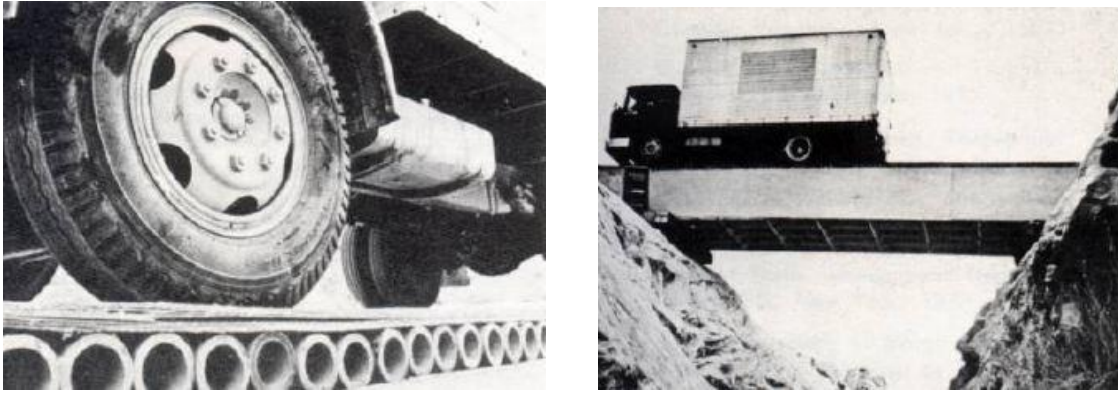
construcción. Los materiales utilizados en la construcción civil han sufrido poquísimas interferencias o cambios desde mediados del siglo XIX. Desde entonces, los materiales estaban limitados a recursos naturales disponibles, como piedra, madera, mármol, paja, concreto, o metales básicos. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, una serie de investigaciones y teorías empiezan a surgir y experimentar con el desarrollo de nuevos materiales y técnicas constructivas con el objetivo de reducir costes y aumentar la eficiencia de otros materiales. Así, se experimentó una transformación en los materiales y procesos de fabricación que marcó un cambio de paradigma en las áreas de arquitectura y estructura, abriendo espacio para el uso y progreso de estos materiales alternativos alrededor del mundo (Ayan, 2009).

La tecnología que ha sido transferida del cartón a la industria de la construcción (y que se utiliza a una escala considerable) se limita básicamente a aplicaciones de fibra microscópica de la madera o derivados, sin haber mucho interés en desarrollar líneas de fabricación que utilicen el cartón para nuevas aplicaciones. Dicha aplicación de fibras de celulosa implica en su combinación a otros materiales utilizados en la construcción, como cemento o yeso. Combinar diversos materiales con un material virgen o derivado de fibras recicladas viabiliza las opciones de que otros productos tengan menos impacto ambiental, menos coste o hasta mejor desempeño térmico. El resultado acaba siendo una serie de materiales de peso reducido, además de tener más resistencia a la humedad (Ayan, 2009).

Muchos productos actualmente disponibles en el mercado contienen mezclas con derivados del cartón, sin haber perdido niveles de estabilidad estructural, resistencia a la tensión, fuerza o durabilidad, con la intención de resolver un problema específico o como recurso de los fabricantes para diferenciación y posicionamiento de mercado. Entre ellos se pueden citar a variedades de ladrillos, yesos con fibras de celulosa, tableros de cemento de fibra de celulosa de alta densidad, paneles para muros aislados, paneles reforzados de yeso, entre otros (Ayan, 2009).

#### **4.1.1. Ejemplos en la construcción**

A pesar de que Shigeru Ban es sin lugar a dudas el nombre más expresivo de la arquitectura hecha con cartón, y que, gracias a él, actualmente existen diversas líneas de estudios y aplicaciones con el material, el primer experimento en la construcción que utiliza el cartón como material constructivo corresponde al ingeniero estructural Led Zetlin, en los años 70 en Estados Unidos. La obra consistía en un puente hecho de tubos de cartón dispuestos en el plano horizontal, responsables de soportar las principales fuerzas ejercidas, debido a su buen comportamiento ante cargas de flexión (Salado y Sichieri, 2010).



*Fig 31 y 32: Puente de cartón de Led Zetlin.  
Fuente: Salado y Sichieri, 2010*

Otro de los pioneros en utilizar al cartón como recurso constructivo fue el arquitecto americano Buckminster Fuller, que trabajaba con materiales alternativos que minimizaban el uso del recurso y optimizaba su rendimiento. Con la idea de solucionar futuras y probables cuestiones globales, su investigación se centraba en materiales económicos y sostenibles (Gamarra, 2015).

A su vez, Martin Pawley, construyó una edificación de 60m<sup>2</sup> en Nueva York, en 1976. La construcción tenía como base a tubos de cartón también dispuestos en el plano horizontal, rellenos internamente con latas y botellas. En el año 2000, de manera más impactante, Philip Gumuchdjian y Stephen Spence construyeron un espacio de exposiciones de 1500m<sup>2</sup>, hecho casi en su totalidad con tubos de cartón reciclados. El objetivo de los arquitectos era demostrar que era viable construir edificaciones de calidad con materiales no nobles. Poco después, en 2002, se construyó en Europa, la primera obra de carácter permanente hecha con tubos de cartón. La edificación, de Cottrell y Vermeulen, es un anexo de una escuela, que utiliza componentes de cartón como estructura para la envolvente (Salado y Sichieri, 2010).



*Fig 33 y 34: Izda: Pabellón de exposición de Gumuchdjian y Spence. Dcha: Escuela con tubos de cartón de Cottrell y Vermeulen. Fuente: Salado y Sichieri, 2010*



#### 4.1.2. La obra de Shigeru Ban

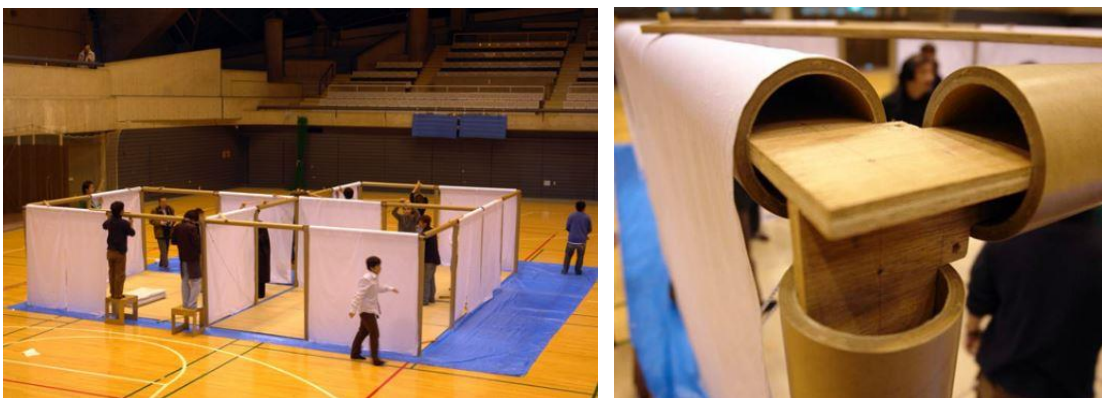
Como ya mencionado anteriormente, el arquitecto japonés Shigeru Ban, ganador del premio Pritzker de Arquitectura en 2014, es el máximo representante de la arquitectura utilizando el cartón como material constructivo, ya sea en forma de paneles, tubos o aliado a otros materiales. Sus primeras obras con el material empezaron con dimensiones modestas y de uso temporal, hasta que, en la actualidad, ya constan de construcciones permanentes y de grandes dimensiones.

Conocido por utilizar el cartón en secciones tubulares, estos, suelen ser hechos de papel reciclado y son fabricados a medida para su obra, con variaciones de grosor, diámetros, alturas, etc. Para resolver la problemática del contacto al agua o humedad, se utiliza polivinilo clorado para la impermeabilización. El resultado son tubos baratos, de fácil reparación y sustitución (cuando necesario), en una arquitectura sin necesidad de grandes intervenciones tecnológicas (Gamarra, 2015).

La arquitectura derivada de este material está muy vinculada a las edificaciones temporales para satisfacer necesidades emergenciales, como ya visto anteriormente con su obra, Paper Log House, para abrigar a la población afectada por los seísmos sucedidos en Kobe en 1995.

Para los mismos fines humanitarios en situaciones envolviendo a desabrigados, el arquitecto desarrolló otros dos modelos utilizando el cartón como principal material estructural. El primero de ellos, fue desarrollado para Ruanda, en 1999, donde tubos de cartón hacían la estructura de tiendas cubiertas con lonas plásticas. El sistema constructivo era muy simple, permitiendo que la población participase en el proceso.

El otro sistema similar fue desarrollado para la ciudad de Fujisawa, donde se construyeron abrigos emergenciales dentro de un pabellón para acoger a una serie de desabrigados. Los abrigos tenían estructura mixta de tubos de cartón con láminas de madera, una vez más con las envolventes hechas con lonas de plástico (Experimenta, 2011).



*Fig 35 y 36: Izda: Abrigos de Shigeru Ban en el pabellón de Fujisawa (Experimenta, 2011). Dcha:*

*Estructura de los abrigos utilizados en Fujisawa (Experimenta, 2011)*

Disponible en: <http://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuiectura-2827/>



En 1990, el arquitecto construyó el pabellón de la ciudad de Odawara, en Japón, celebrando el aniversario de la ciudad. Esta fue una de las primeras obras de Shigeru Ban, en la cual utilizó tubos de cartón apenas como elementos responsables por la envolvente, protegiendo el interior del frío y lluvias. Además de eso, grandes tubos de 126cm de diámetro fueron utilizados para los muros de los baños. Elementos metálicos independientes de los tubos hacían la labor estructural (Salado y Sichieri, 2010).



Fig 37: Pabellón en Odawara de Shigeru Ban (Arquitecto de guardia, n.d.).  
Disponible en: <https://arquitectodeguardia.com/2016/07/15/los-tubos-de-carton-y-shigeru-ban/>

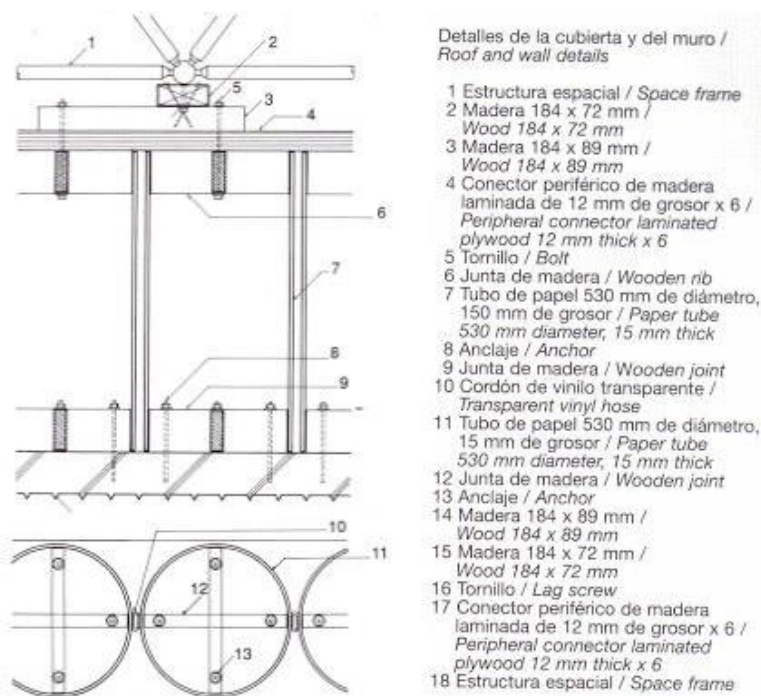


Fig 38: Detalle constructivo de tubos utilizados en el pabellón de Odawara (Arquitecto de guardia, n.d.).  
Disponible en: <https://arquitectodeguardia.com/2016/07/15/los-tubos-de-carton-y-shigeru-ban/>

Ban empezó a utilizar el cartón como recurso estructural después de haber hecho pruebas y ensayos, con el objetivo de conocer y entender el comportamiento del material. Se llegó a la conclusión de los tubos de cartón resisten aproximadamente a 10

MPa a fuerzas de compresión, y a 15 MPa cuando expuestos a fuerzas de flexión (McQuaid, 2003). Así, en 1995, el arquitecto construyó su propia residencia en Japón, utilizando tubos de cartón conformando paneles que cerraban la envolvente. Para proteger los tubos de las intemperies, el arquitecto decidió revestir todo el perímetro de la residencia con paneles móviles de cristal. Dicha residencia ha sido la primera construcción en recibir autorización y aprobación oficial de gobierno japonés para utilizar tubos de cartón como recurso constructivo estructural (Salado y Sichieri, 2010).

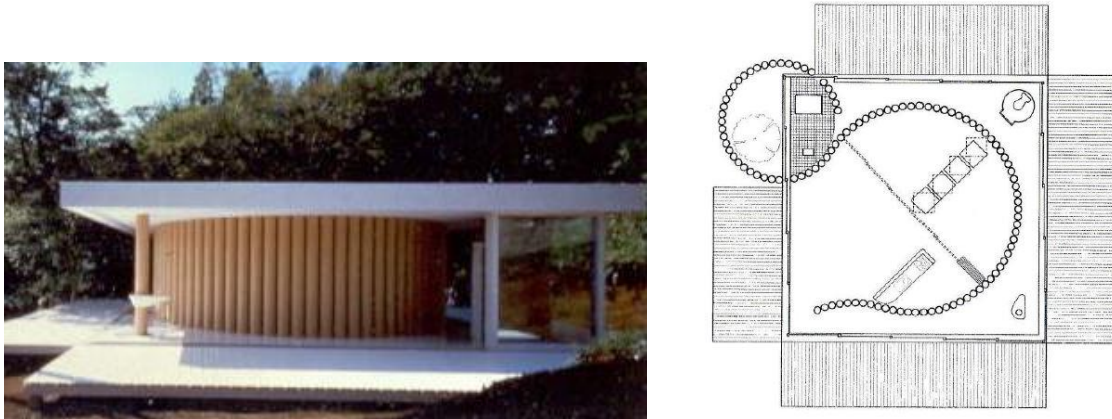


Fig 39 y 40: Izda: Residencia de campo de Shigeru Ban (Designboom, n.d.). Dcha Planta baja de la residencia de Shigeru Ban (Designboom, n.d.) Disponibles en: <https://www.designboom.com/interviews/shigeru-ban-designboom-interview/>

Shigeru Ban también utiliza tubos de cartón para componer las estructuras de cubiertas de algunas de sus obras, como el ejemplo del abrigo emergencial de Kobe, además de diseñar y construir obras con arcos formados por tubos en secuencia. En 1988, el arquitecto fue encargado de construir un domo de aproximadamente 28m x 25m, con una altura de 8m (Salado y Sichieri, 2010).

Otro símbolo de su arquitectura es el pabellón japonés de la Feria Internacional de Hannover, en el año 2000, considerada su estructura más compleja hecha con cartón hasta la actualidad. La construcción, de carácter temporal, tenía 3100 m<sup>2</sup> y suponía una grandiosa arquitectura de forma orgánica e irregular. Los materiales utilizados fueron especificados por el arquitecto con la intención de minimizar sobras y reutilizar la mayor cantidad posible de componentes una vez finalizado el evento. Los tubos utilizados para la estructura eran derivados de papel reciclado y provenientes de Alemania, país de origen de la feria (McQuaid, 2003).



Fig 41: Pabellón japonés de Hannover, 2000 (Shigerubanarchitects, n.d.).

Disponible en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_japan-pavilion-hannover-expo/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/index.html)



Fig 42: Interior de pabellón japonés de Hannover, 2000 (Shigerubanarchitects, n.d.).

Disponibles en: [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_japan-pavilion-hannover-expo/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/index.html)

#### 4.2. Propiedades del cartón

La ventaja de la aplicación del cartón como material constructivo en sección tubular, consiste en el hecho de tener un perímetro más reducido que en una sección rectangular o cuadrada, ahorrando el recurso y maximizando su aprovechamiento y desempeño. Sin embargo, es importante tener en cuenta que para garantizar estas características es necesaria la realización de ensayos formales de sus características y propiedades técnicas, para la elección de espesor y diámetro coherentes para el propósito al que el material será empleado.

Para la utilización del cartón como principal recurso constructivo aplicado al abrigo emergencial propuesto en este trabajo, fueron realizadas investigaciones y búsquedas referentes a las propiedades y comportamientos físicos y técnicos del material (resistencias, capacidad de sujeción y aislamientos). Cabe resaltar la dificultad encontrada por diversos investigadores cuanto a la definición de estándares y normas (internacionales y brasileñas) sobre el material cartón aplicado al sector de la



construcción, habiendo que adaptar sus exigencias. De hecho, muchos de ellos acaban tomando como referencia para sus pruebas e investigaciones, la obra y ensayos realizados por el arquitecto japonés Shigueru Ban.

El cartón, de una forma general, presenta buenas respuestas mecánicas sobre su resistencia a compresión y flexión. Esta segunda suele ser más grande que la primera, ya que cuando un tubo de cartón sufre una fuerte compresión, esa fuerza se propaga alrededor de todas las caras que constituyen el tubo, en el mismo sentido de su rotación. Esta forma axial garantiza que la estructura no se rompa, dando lugar, sin embargo, a una deformación de la forma, seguida de su pérdida de estabilidad. Entonces, si el material de cartón es utilizado en un formato tubular dispuesto en el plano vertical, ganará un mayor rendimiento a tracción y compresión, teniendo también buen desempeño contra deformaciones laterales (Salado, 2006).

#### 4.2.1. Ensayos y estudios 01

En Santos, 2009, se realizan ensayos con el objetivo de comprobar la resistencia a la compresión de tubos de cartón y su viabilidad como material constructivo para edificaciones de carácter temporal emergencial o para eventos. Para sus pruebas se utilizaron 3 tubos de cartón con alturas de 30cm, con espesor de 2,5mm para el tubo convencional sin protección (1197mm<sup>2</sup> de sección), y de 4mm para los dos tubos restantes con protección exterior (1934mm<sup>2</sup> de sección). Además de eso, le fue añadida una significativa capa de resina de poliéster aplicada con pincel a uno de los tubos con protección exterior, a fin de averiguar posibles incrementos en la resistencia del material.

A los cuerpos de prueba les fueron aplicadas fuerzas que variaban entre 214Kg y 879 Kg. Los tubos de cartón sin protección obtuvieron una resistencia a la compresión de 1,7 MPa, mientras que los tubos con protección y con resina poliéster obtuvieron desempeños de 4,2 MPa y 4,4 MPa respectivamente.



*Figs. 43 y 44: Ensayo de resistencia a la compresión en tubos de cartón sin protección de 2,5mm de espesor. Fuente: Santos, 2009*



Figs. 45 y 46: Ensayo de resistencia a la compresión en tubos de cartón con protección de 4mm de espesor. Fuente: Santos, 2009

Según los autores y de acuerdo con resultados, se han obtenido resultados y desempeño satisfactorios para los tubos con protección y resina extra, sobre todo comparado a los elaborados por Shigeru Ban, cuyos resultados para sus obras variaban entre 9,53 MPa y 11,17 MPa, ya que los tubos utilizados por este tenían espesores superiores, que el arquitecto utilizó para obras de grandes dimensiones (su propia residencia Casa de Papel, el Pabellón japonés en Hannover o el Domus en China). A partir de los resultados, se llegó a la conclusión de que el material sería apto para utilizarse en la construcción como un material alternativo y de uso temporal.

Valores obtidos do Ensaio de Compressão				
Corpos Prova	Área da seção (mm <sup>2</sup> )	Força Aplicada (kg)	Força Aplicada (N)	fc (MPa)
1° s/ Proteção	1197,00	200	1960	1,6
2° s/ Proteção	1197,00	222	2176	1,8
3° s/ Proteção	1197,00	220	2156	1,8
<b>Média</b>	<b>1197,00</b>	<b>214</b>	<b>2097</b>	<b>1,7</b>
1° Prot Dimibu	1934,00	811	7948	4,0
2° Prot Dimibu	1934,00	960	9408	5,0
3° Prot Dimibu	1934,00	722	7076	3,7
<b>Média</b>	<b>1934,00</b>	<b>831</b>	<b>8144</b>	<b>4,2</b>
1° Dimibu + Res	1934,00	890	8722	4,5
2° Dimibu + Res	1934,00	912	8938	4,6
3° Dimibu + Res	1934,00	835	8183	4,2
<b>Média</b>	<b>1934,00</b>	<b>879</b>	<b>8614</b>	<b>4,4</b>

Edificação	CDP	fc (MPa)
Biblioteca Poeta	a-1	9,84
	a-2	10,66
	a-3	9,97
	a-4	10,20
	a-5	9,92
	<b>Média</b>	<b>10,12</b>
Casa Papelão	C-1	10,60
	C-2	11,32
	C-3	11,41
	C-4	11,27
	C-5	11,27
	<b>Média</b>	<b>11,17</b>
Domus China	c-1	9,60
	c-2	9,96
	c-3	9,94
	c-4	9,58
	c-5	9,58
	<b>Média</b>	<b>9,73</b>
Pav Jap Alem	0	9,46
	1	9,60
	2	9,76
	3	9,41
	4	9,40
	<b>Média</b>	<b>9,53</b>

Tabs. 02 y 03: Izda: Resultados obtenidos por las pruebas realizadas en Rocha y Santos, 2009. Dcha: Resultados obtenidos en las obras de Shigeru Ban. Fuente: Santos, 2009



#### 4.2.2. Ensayos y estudios 02

Salado, 2006 hace ensayos y pruebas más completos que Santos, 2009, cuando llega a verificar el desempeño del cartón cuanto a compresión, pandeo, flexión y humedad. Se utilizaron 9 tubos de cartón sin ningún tipo de tratamiento o adición (resinas, barniz, etc.), tres de ellos con espesor de 4mm, tres con 11mm y tres con 20mm, todos con diámetros internos de 150mm.

Para el esfuerzo de compresión, los tubos sufrieron daños en los orificios superiores, con algunas ondulaciones paralelas a las uniones de papel Kraft, en ambas caras del tubo (interna y externa). Se dispuso a cada tubo en posición vertical y se le fue aplicado a cada uno una fuerza de aplastamiento hasta que este se rompiese.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes, donde  $\Phi_e$  y  $\Phi_i$  son los diámetros externo e interno,  $S_L$  es el área de la sección tubular,  $S_B$  es el área total de la sección y  $P_{m\acute{a}x}$  es la fuerza máxima resistida por el cuerpo:

CPs	$\Phi_e$ (mm)	$\Phi_i$ (mm)	$S_L$ (cm <sup>2</sup> )	$S_B$ (cm <sup>2</sup> )	$P_{m\acute{a}x}$ (Kgf)
01	193,3	152,6	108,6	293,3	8427
02	193,3	152,7	109,4	293,3	8779
03	193,3	152,5	110,1	293,3	8492
<b>Média</b>	<b>193,3</b>	<b>152,6</b>	<b>109,4</b>	<b>293,3</b>	<b>8566</b>
04	173,5	151,0	57,3	236,3	4282
05	173,5	150,9	57,6	236,3	4357
06	173,5	151,0	57,3	236,3	4373
<b>Média</b>	<b>173,5</b>	<b>151,0</b>	<b>57,4</b>	<b>236,3</b>	<b>4337</b>
07	161,7	152,4	23,0	205,3	1273
08	161,8	152,4	23,2	205,5	1190
09	161,4	152,1	22,9	204,5	1294
<b>Média</b>	<b>161,6</b>	<b>152,3</b>	<b>23,0</b>	<b>205,1</b>	<b>1252</b>

Tab. 04: Ensayo sobre compresión de los tubos de cartón.

Fuente: Salado, 2006

Para las pruebas de resistencia al pandeo, se aplicaron fuerzas graduales de 500Kgf sobre los tubos dispuestos en el plano vertical (con alturas de 2,5m simulando la altura interna convencional de una edificación), hasta que se observase la pérdida de estabilidad o rompimiento del elemento. A medida que se añadían las cargas, se observaron dislocamientos entre las bases inferior y superior, así como arrugados en las caras externas de los tubos.



Figs. 47 y 48: Izda: Cuerpo de prueba antes del ensayo de pandeo por compresión. Dcha: Cuerpo de prueba después del ensayo de pandeo. Fuente: Salado, 2006

En el estudio de Salado, 2006, en los ensayos de pandeo por compresión, se observaron los siguientes resultados, donde  $\Phi_e$  y  $\Phi_i$  son los diámetros externo e interno,  $e$  es el espesor de la pared del tubo,  $l$  es la altura del tubo,  $S_B$  es el área total de la sección,  $P$  es la fuerza ejercida al inicio del pandeo,  $L$  es el desplazamiento entre las bases inferior y superior e  $P$ , y  $P_{\text{máx}}$  es la fuerza máxima resistida por el cuerpo:

CPs	01	02	03	04	05	06	07	08	09
$\Phi_i$ (mm)	173,7	172,3	172,8	162,5	162,5	162,5	157,4	156,4	157,4
$\Phi_e$ (mm)	194	193	193	174	174	174	162	161	162
$e$ (mm)	20,3	20,7	20,2	11,5	11,5	11,5	4,6	4,6	4,6
$l$ (mm)	2503	2503	2495	2507	2500	2506	2508	2505	2447
$S_B$ (cm <sup>2</sup> )	295,4	292,4	292,4	237,7	237,7	237,7	206,0	203,5	206,0
$P^*$ (kgf)	2000	1500	1500	1500	1500	1500	500	500	500
Médias	1666,7			1500			500		
$L^*$ (mm)	17	11	08	07	10	05	09	07	12
$P_{\text{máx}}$ (kgf)	7000	6166	6500	3500	3500	3500	1000	1000	1000
Médias	6555,3			3500			1000		

Tab. 05: Ensayo sobre pandeo de los tubos de cartón.  
Fuente: Salado, 2006.

Cuanto a las fuerzas de flexión, se aplicaron fuerzas perpendiculares a los tubos con alturas de 1,9m a 2,4m en el centro del cuerpo. La prueba ha sido realizada de manera similar a la de pandeo, pero con fuerzas graduales de 50Kgf, hasta que fuese posible observar alguna pérdida de estabilidad o rompimiento del tubo.



Fig. 49: Cuerpo de prueba en el ensayo de flexión. Fuente: Salado, 2006.

Después de las pruebas, se observaron los siguientes resultados, donde  $\Phi_e$  es el diámetro externo,  $e$  es el espesor de la pared del tubo,  $S_B$  es el área total de la sección,  $L_e$  es la altura del cuerpo,  $P_{m\acute{a}x}$  es la fuerza máxima resistida por el cuerpo y  $f_{m\acute{a}x}$  es la tensión de flexión máxima resistida por el cuerpo:

CPs	$\Phi_e$ (mm)	$e$ (mm)	$S_B$ (cm <sup>2</sup> )	$L_e$ (mm)	$P_{m\acute{a}x}$ (Kgf)	$f_{m\acute{a}x}$ (MPa)
01	193	20,1	292,4	2300	900	12,0
02	193	20,2	292,4	2300	700	9,4
03	193	20,2	292,4	2300	700	9,4
<b>Média</b>	<b>193</b>	<b>20,2</b>	<b>292,4</b>	<b>2300</b>	<b>766,7</b>	<b>10,3</b>
04	173	11,3	234,9	2100	350	8,4
05	173	11,3	234,9	2100	350	8,4
06	173	11,4	234,9	2100	350	8,4
<b>Média</b>	<b>173</b>	<b>11,3</b>	<b>234,9</b>	<b>2100</b>	<b>350</b>	<b>8,4</b>
07	161	4,7	203,5	1900	100	5,4
08	161	4,7	203,5	1900	100	5,4
09	161	4,7	203,5	1900	100	5,4
<b>Média</b>	<b>161</b>	<b>4,7</b>	<b>203,5</b>	<b>1900</b>	<b>100</b>	<b>5,4</b>

Tabla 06: Ensayo sobre flexión de los tubos de cartón.  
Fuente: Salado, 2006.

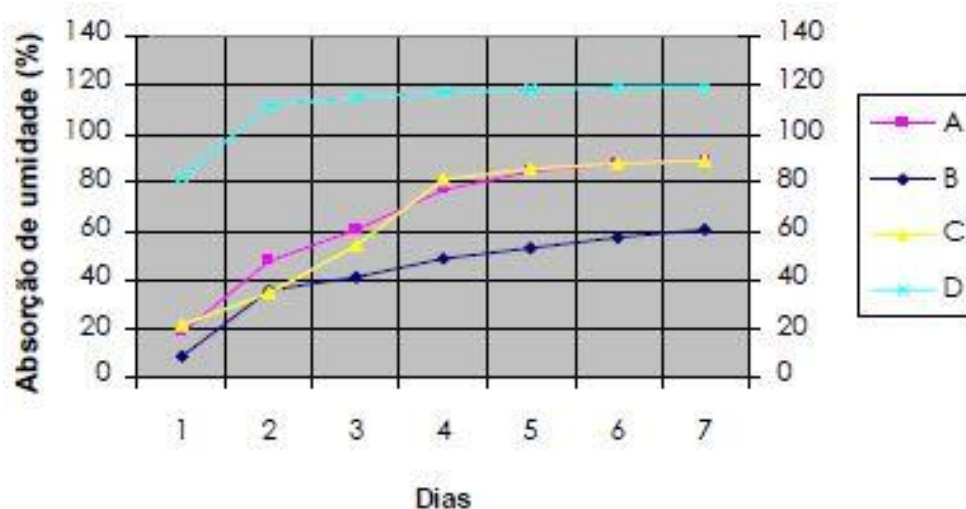
Por fin, para el ensayo sobre absorción humedad, se aplicaron tres tipos distintos de tratamiento a tres tubos, comparándolos a un tubo común sin tratamiento. Los tratamientos utilizados para los ensayos fueron a base de: A- barniz marítimo, B- barniz

con protección solar, C- barniz de copal y D- sin tratamiento. El proceso para la realización del ensayo consistió en almacenar los tubos durante siete días en una cámara húmeda, con humedad relativa establecida a 90%, para que a cada 24 horas sus masas fuesen verificadas para calcular el nivel de absorción de humedad de cada tubo.

CPs	Absorção de Umidade (%)						
	Dias						
	1	2	3	4	5	6	7
A	18,5	47,7	60,6	77,3	85,1	87,8	88,8
B	8,7	35,7	41,2	49,2	52,9	57,0	60,7
C	21,2	35,1	54,1	81,5	85,8	88,2	89,0
D	82,8	111,5	115,2	116,9	118,8	119,6	119,7

Tabla 07: Absorción de humedad de los tubos de cartón.

Fuente: Salado, 2006



Gráf. 21: Absorción de humedad de los tubos de cartón.

Fuente: Salado, 2006.

Al final del proceso se observaron manchas de humedad en todos los cuerpos de prueba, así como un aumento en el espesor de los tubos. Como conclusión a las pruebas de humedad, se certificó que el material es muy absorbente, exigiendo alguna forma de impermeabilización, ya que existe una tendencia por parte del material de perder resistencia a medida que se aumenta la humedad incorporada. Los índices de absorción son muy elevados, hasta cuando se trata del tratamiento de mejor desempeño (con protección solar).

Como las pruebas realizadas en Salado 2006 fueron motivadas por una comparación con las fuerzas que sufre el cartón en la obra de Shigeru Ban, la autora destaca el buen comportamiento del material cuanto a su resistencia a la flexión, a la vez que evidencia que su rendimiento es muy inferior a otros materiales convencionales cuando le son aplicadas fuerzas de compresión y pandeo, y advierte sobre la gran capacidad de absorción de humedad que tiene el material, alertando sobre posibles debilidades derivadas de este factor. Cabe resaltar que las fuerzas aplicadas en estos ensayos son muy superiores a las que lo serían aplicadas en el supuesto módulo que posteriormente se presentará en este trabajo, también debido a que el arquitecto japonés utiliza el cartón como elemento constructivo aliado a otros materiales (especialmente madera),



compensando así sus debilidades, ya que sus obras no son de uso temporal, sino permanente.

#### 4.2.3. Ensayos y estudios 03

En un estudio realizado en Cerqueira, Monteiro y Azevedo 2017, donde focalizan los ensayos en la viabilidad del uso de tubos de cartón para su aplicación en arquitectura de emergencia, se hicieron pruebas sobre tubos de cartón a fin de comprobar su resistencia al pandeo, compresión y compresión axial. Se utilizaron cuerpos de prueba de cartón común con espesores de 2mm, 4mm y 5mm, aplicándoseles fuerzas de hasta 9KN (aproximadamente 917Kgf), además de pruebas de absorción de agua.

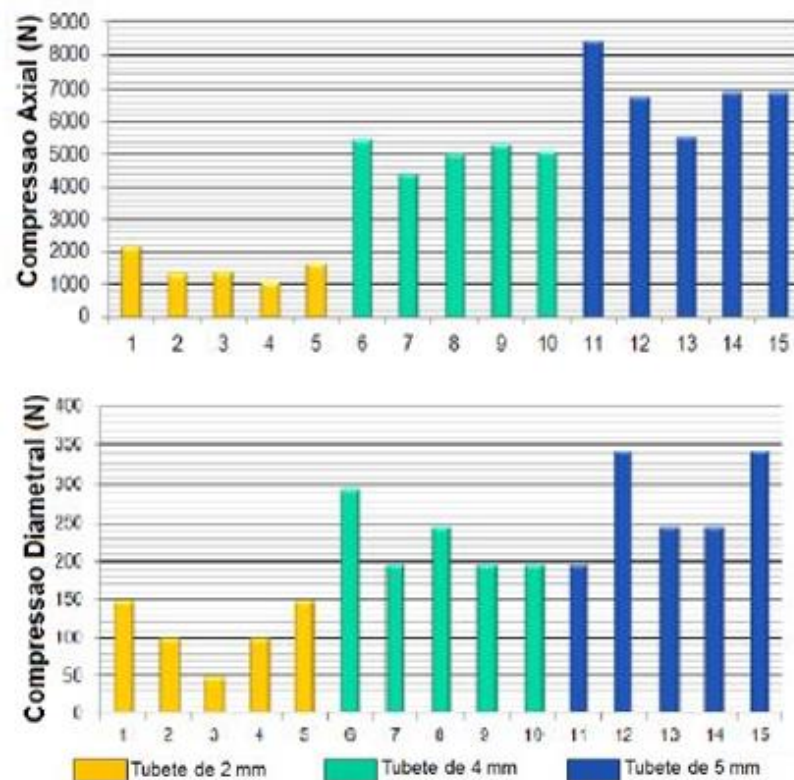


Fig. 50: Resistencia a compresión axial y diametral de los tubos de cartón.  
Fuente: Cerqueira, Monteiro y Azevedo, 2017





Figs. 51 y 52: Sup: Resistencia al pandeo por compresión de los tubos. Inf: Absorción de los tubos de cartón. Fuente: Cerqueira, Monteiro y Aevado, 2017.

Obviamente, los tubos con diámetro de 5mm tuvieron mejor desempeño que aquellos con diámetros inferiores, y al finalizar los ensayos, los autores concluyen que el uso del cartón como material constructivo es viable, especialmente para uso emergencial, por su carácter temporal. Como ventaja al uso de dicho material, se cita la falta de necesidad de cimentación pesada o robusta, por tratarse de un material tan ligero; sin embargo, también se alerta sobre su alta capacidad de absorción de humedad y su cuestionable vida útil como futuras líneas investigativas.

#### 4.2.4. Viabilidad para la construcción

Los ensayos mencionados anteriormente, han sido escogidos como referencia, debido a la escasa literatura técnica acerca del material cartón utilizado como recurso constructivo, además de utilizar como cuerpos de prueba, tubos de cartón fabricados en Brasil, país para el cual se propone el modelo de edificación de emergencia de este trabajo. Se cumplirían así, las recomendaciones que hacen UNHCR y Sphere acerca de la procedencia del material utilizado, reduciendo costes e impactos relacionados a la producción y transporte de los materiales y del propio módulo emergencial.

A pesar de presentar algunas debilidades cuanto a su desempeño, especialmente en función a su comportamiento ante humedad y fuerzas de compresión, cabe considerar que las fuerzas aplicadas son exageradas cuando comparadas a las fuerzas a las que

el supuesto módulo emergencial propuesto en este trabajo estaría sometido. Otro punto sobre esta misma cuestión, es que los ensayos realizados en las distintas investigaciones utilizaron a los parámetros que utiliza Shigeru Ban sobre los tubos de cartón para sus obras, con criterios más rigurosos todavía.

Como conclusión a lo mencionado anteriormente sobre los antecedentes del cartón en la construcción, especialmente con la obra del arquitecto Shigeru Ban, juntamente a los resultados obtenidos en los ensayos realizados y citados en los puntos anteriores, se puede considerar el cartón como un material apto para ser utilizado como material constructivo, especialmente cuando vinculado a edificaciones de carácter emergencial, como mencionado en los estudios y ensayos realizados en Cerqueira, Monteiro y Azevedo 2017, a pesar de presentar algunas limitaciones o debilidades que, obviamente, deben ser tratadas y sanadas.

### **4.3. Sostenibilidad**

Siendo la industria de la construcción civil una de las principales responsables y gran generadora de impactos ambientales, especialmente por la cantidad de desperdicios y desechos generados en los procesos de producción, es necesario que en las etapas de planteamiento y diseño de proyecto, se considere minimizar al máximo estos impactos. Es responsabilidad del equipo de diseño y arquitectura la elección y especificación de materiales reciclados o reutilizados, así como reciclables y reutilizables, más todavía, como ya visto anteriormente, cuando se tratan de edificaciones de carácter temporal.

El uso del cartón como material constructivo está fuertemente vinculado al ámbito ambiental y todo lo relacionado a la sostenibilidad. El cartón tiene una serie de características relacionadas a su proceso de producción y reciclaje que lo convierten en un material altamente viable para ser utilizado en la construcción, además de implicar menos costes que otros materiales convencionales.

#### **4.3.1. Fabricación**

La industria del embalaje comúnmente relaciona la producción del cartón con bajo coste, bajo impacto ambiental y altos índices de reciclaje. Desde el inicio del siglo XXI, dicha industria ha experimentado importantes avances cuanto a la calidad del producto y sus variedades, productividad de la fabricación e impactos en el medio ambiente. La demanda por productos de mejores características estructurales, así como mejor calidad para la impresión, menos componentes tóxicos, entre otros, viene siendo decisiva para la industria, manteniendo el bajo coste y las ventajas ambientales características del material (Ayan, 2009).

Sin embargo, el proceso básico de fabricación de papel sigue igual a cuando este fue inventado, siendo la preparación de la masa, formación de la hoja y su posterior secado. Las materias primas utilizadas en el proceso son fibrosas y no fibrosas, las primeras

comúnmente de origen vegetal, y las segundas suelen ser aglutinantes, estabilizantes, adictivos, entre otras sustancias (Salado, 2006).

El papel kraft utilizado para la producción de cartón y tubos de cartón suele ser un papel reciclado, y por lo tanto, utiliza celulosa de papeles descartados. La celulosa es disuelta en agua, dando lugar a una solución compuesta de 95% de agua y 5% de celulosa. El agua utilizada se mantiene en un sistema cerrado y se reaprovecha por inúmeras veces, hasta que su proporción se ve reducida hasta 7 % de la solución total, con 93% de la celulosa (Pinheiro, 2004).

Los recortes y sobras de papel son lanzados con agua a *hidropulpers* (batidoras de grandes dimensiones) con el objetivo de hidratar el papel que será reciclado. La pulpa derivada de este proceso es direccionada a un tanque y posteriormente a filtros, que separan y retiran los residuos pesados, para que después, la pulpa vuelva a almacenarse en otro tanque (São Carlos, 2006).

A continuación, la pulpa llega a refinadores, donde posteriormente será almacenada en otro tanque, cuando después de esta etapa, pasa al proceso de formación de hojas en mesas planas. Perforaciones en las mesas filtran parte del agua que lleva la masa, y en seguida, la hoja pasa por un proceso de prensado en cilindros para retirar más agua de su composición. Por último, la hoja pasa por secadores cilíndricos para la obtención del producto final, guardado en bobinas, para que finalmente, el papel pueda ser cortado en el formato deseado (Salado, 2006).

Para la fabricación de los tubos de cartón, aún en la fábrica, el papel kraft es cortado en bandas y enrollado en bobinas, donde se envían a fábricas de tubos de cartón. En la fábrica de tubos, las bobinas de papel kraft son colocadas en una única máquina (Salado, 2006).



*Fig. 53: Bobinas de papel kraft en la fábrica.  
Fuente: Salado, 2006*

Las bandas de papel kraft que forman las caras internas de los tubos son embadurnadas en una cola líquida de silicato de sodio, mientras que la misma capa interna, juntamente

a la externa, son bañadas en otra cola líquida a base de acetato de polivinilo (Lacerda, 2006).



*Fig. 54: Baño de cola de las bandas de cartón.  
Fuente: Salado, 2006*

Después de la etapa de las colas, las bandas son enrolladas en espiral en cilindros metálicos giratorios, con pequeños espacios de 2mm (máximo) entre ellas. Cuando se alcanza la altura deseada, se procede a cortar el tubo con una sierra automática (Lacerda, 2006).



*Figs. 55 y 56: Enrollado de bandas de kraft en cilindros metálicos.  
Fuente: Salado, 2006*

El espesor de los tubos depende del número de capas de kraft utilizado en el proceso de enrollado. Los tubos con espesores de hasta 8mm contienen alrededor de 12% de humedad una vez finalizado el proceso y se secan naturalmente, donde, después de un periodo de 8 a 10 horas, su composición se estabiliza, cuando la tasa de humedad baja hasta aproximadamente 10%. Sin embargo, tubos con espesores superiores finalizan el proceso de fabricación con aproximadamente 14% de humedad. Por tener las paredes del tubo tan gruesas, estos tubos pasan por un proceso de secado hasta alcanzar la



humedad de 10%, con duración variable de 30 minutos a dos horas. Por fin, los tubos son direccionados a almacenes para su posterior venta y uso (Lacerda, 2006).



*Figs. 57 y 58: Izda: proceso de secado en estufa de los tubos de cartón. Dcha: Tubos almacenados y listos para comercialización. Fuente: Salado, 2006*

Según Lacerda, 2006, los grandes tubos fabricados en Brasil utilizan bandas de papel kraft que varían de 54mm a 240mm de ancho, espesor de las paredes variables entre 1,5mm y 20mm, y diámetros internos entre 24,8mm a 505,5mm.

Además de su formato tubular, el cartón puede ser producido y comercializado en forma de placas, donde destacan las tipologías de cartón ondulado (el más popular y utilizado en embalajes) y el cartón de colmena.

El cartón ondulado está compuesto por capas de papel Kraft interrumpidas y unidas con pegamentos y adhesivos a capas corrugadas, dando rigidez estructural y estabilidad a la pieza. Esta distribución permite que el cartón sea simple, doble o triple, a depender de la necesidad de la aplicación (Gamarra, 2015).



*Fig. 59: Tipos de cartón ondulado – simple, doble o triple. Fuente: Gamarra, 2015*

El cartón dispuesto en formato de colmena, o nido de abeja, lleva ese nombre por la distribución de las celdas de cartón en el interior de las placas, con formas hexagonales de papel kraft, unidas por resinas y adhesivos. Esta disposición permite que se utilice menos material y se obtengan placas más ligeras, además de dar lugar a una estructura con más resistencia a la compresión (Gamarra, 2015).



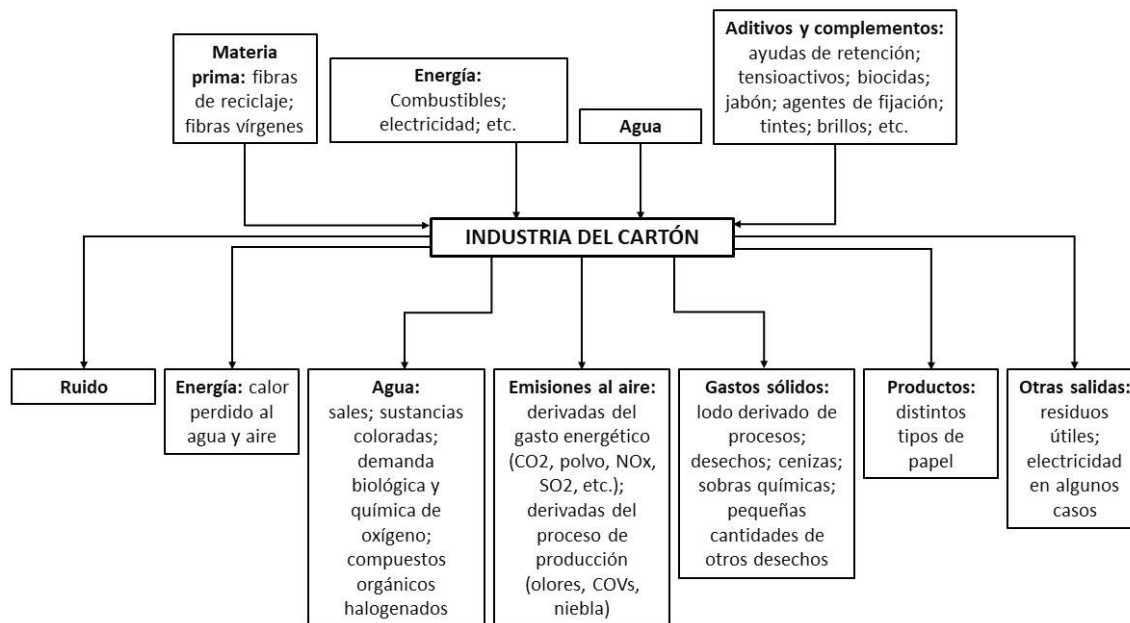


*Fig. 60: Cartón tipo colmena, nido de abeja.  
Fuente: Gamarra, 2015.*

#### **4.3.1.1. Impactos**

Como muchos otros productos, el impacto ambiental del proceso productivo del cartón puede verse traducido en tres escalas: global, regional y local. Cada etapa de fabricación del cartón genera impactos que afecta de manera interrelacionada a cada una de las escalas. En ese contexto, Ayan, 2009 describe a los siguientes impactos:

- 1- Elevado consumo de agua – Además de elevados índices de consumo de agua, el recurso pasa a ser altamente contaminado.
- 2- Elevado consumo energético – El coste energético para la producción del cartón supone entre 16% y 40% del coste total de la industria.
- 3- Contaminación del aire – La calidad del aire se ve afectada por emisiones como Demanda Biológica y química de oxígeno, nitrógeno, fósforo, o compuestos orgánicos halogenados.
- 4- Calentamiento global – Emisiones de metano derivadas de la degradación del cartón constituyen una importante contribución con el calentamiento global, durante todo el ciclo de vida del material.
- 5- Acidificación – Directamente relacionadas al transporte, formación del papel y producción de pulpa virgen, debido a emisiones de motores, centrales eléctricas y térmicas.
- 6- Eutrofización – Debido a las etapas de limpieza en los procesos de reciclaje, y al prensado de papel en su fabricación, gracias al lavado de materia orgánica y nutrientes de la pulpa.
- 7- Niebla tóxica – Originaria de la producción de vapor a base de carbón, derivado de los procesos de secado de papel en las fábricas.



*Fig. 61: Impactos de la producción de cartón*

*Fuente: Ayan, 2009 (adaptado por el autor).*

#### 4.3.2. Reciclaje

En 2016, fueron generadas en Brasil 24 millones de toneladas de basura, correspondiente a 383 Kg por habitante al año, una elevada cantidad de residuos producida por el país (Barbosa, 2016). El contexto ambiental brasileño y la concientización de la población vienen condicionados por una serie de factores. Gran parte de esa concientización empieza con un consumo responsable de los recursos naturales, minimización de impactos ambientales y la búsqueda de desarrollo sostenible, sin embargo, la falta de políticas ambientales, colecta selectiva o fiscalización eficientes, hacen que ese proceso de concientización acabe no dando los resultados deseados, muchas veces motivado apenas por ventajas económicas, desconsiderando el impacto social y ambiental de la problemática. Dicho interés puramente económico por detrás del reciclaje acaba por desfavorecer a la destinación correcta del volumen de basura producido.

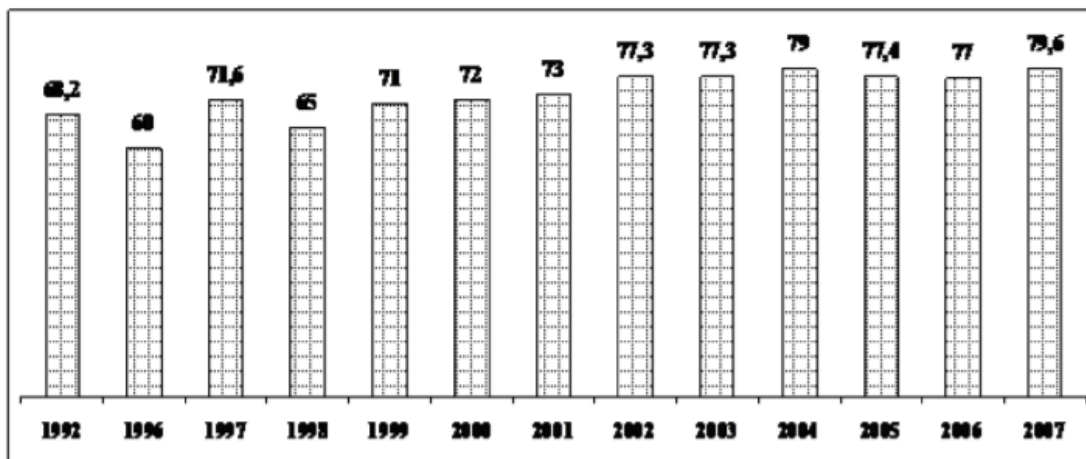
Los materiales plásticos son un buen ejemplo de esa realidad, ya que estos se encuentran en gran volumen en los vertederos brasileños. Esto es debido a que se trata de una materia de muy bajo peso y densidad - factores directamente relacionados a la figura de los catadores, que será mencionada posteriormente - desfavoreciendo su proceso de reciclaje, además de que este es más caro que la producción de materia polimérica desde cero (Fernandes y Martendal, 2018).

En oposición a materiales plásticos, el vidrio es un buen ejemplo de recurso con buenos resultados derivados del reciclaje, ya que se obtiene un ahorro de 90% de energía en su producción. Sin embargo, más de 50% de sus residuos en Brasil son destinados a vertederos comunes, y no a plantas de reciclaje (Fernandes y Martendal, 2018).

Según Gamarra, 2015, el cartón puede ser un recurso limpio y ecológico, además de tener un bajo coste, debido a que, en su proceso de obtención, destaca la cantidad de fibras reciclado. En dicho proceso, más de 60% de la fibra utilizada es de origen reciclada y 12% corresponde a materiales auxiliares, restando apenas alrededor de 26% de fibra virgen.

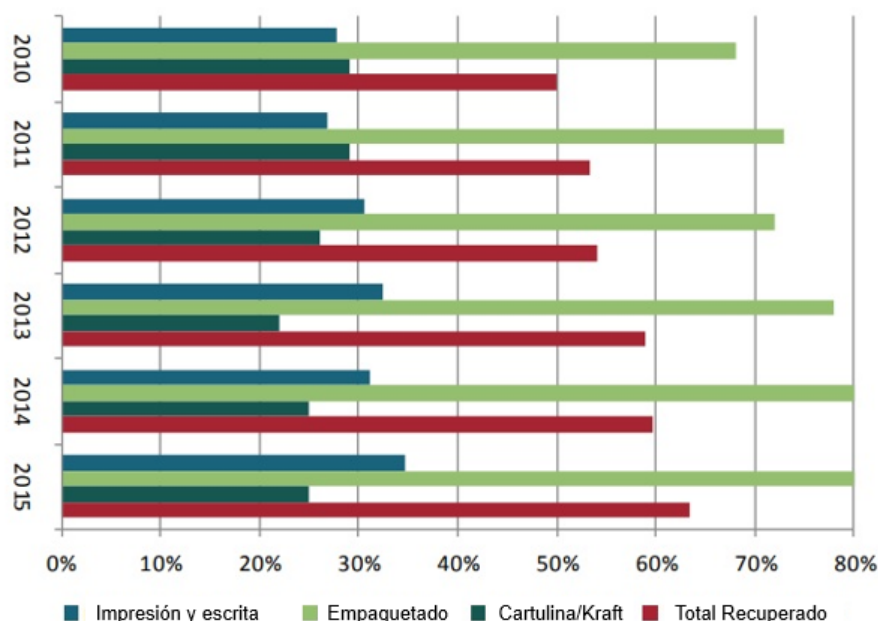
En Brasil, aproximadamente 85% de los productos comercializados son empaquetados en cartón, de los cuales, alrededor de 50% es reciclado, demostrando el potencial del reciclaje del cartón y su industria, que contribuye con ventajas ambientales y económicas. Entre las ventajas ambientales destaca la preservación de la fauna local, debido a la extracción de menos recursos vírgenes de la naturaleza, la disminución de contaminación de aguas, aire y suelo, además de reducir los costes e impactos energéticos implícitos en la producción del papel. También se debe mencionar la existencia de incentivos fiscales brasileños que conllevan la reducción de tasas para empresas que adoptan buenas prácticas en gestión de residuos (Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, 2018).

Según Recicloteca, n.d., el cartón es un material completamente reciclable, biodegradable y originario de fuentes renovables. Con el aumento de la concientización ambiental de gran parte de la población mundial, el reciclaje del cartón seguirá manteniendo números ascendientes con el paso de los años. En 2013, había en el territorio brasileño, 71 empresas y 88 fábricas dedicadas al reciclaje de este material, aportando una contribución de 1,53% del PIB nacional (Figueiredo, 2012). En los gráficos a continuación, se expone el aumento en el porcentaje de reciclaje de cartón en Brasil, de 1992 a 2007, así como el porcentaje del reciclaje de papel en el país entre 2010 y 2015.



Gráf. 22: Porcentaje del reciclaje del cartón en Brasil, entre los años de 1992 y 2007.

Fuente: Figueiredo, 2012



Gráf. 23: Reciclaje anual de papel en Brasil, (Recicloteca, n.d.)  
 Disponible en: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/papel/>

Según Recicloteca, n.d., 20% de los residuos producidos en Brasil son derivados del uso de papel. Como algunas ventajas al reciclaje del papel, se pueden citar a:

- El papel pasa por diversos procesos químicos para su blanqueamiento, lo que suponen los procesos más contaminantes de la industria. El papel reciclado no suele pasar por procesos de blanqueamiento, dejando su color con tonalidades marrones. Como alternativa, el papel Ecograph, es blanqueado a base de oxígeno, dando a las hojas un color crema.
- Al no utilizar procesos químicos contaminantes en la producción de papel reciclado, se reducen hasta 74% los contaminantes liberados al aire, y hasta 35% los contaminantes liberados al agua.
- Para la producción de una tonelada de papel común, se consumen aproximadamente 100.000 litros de agua, mientras que para la obtención de una tonelada de papel reciclado, se consumen apenas 2.000 litros de agua.
- Para la producción de una tonelada de papel común, se necesitan 5.000 KW/h de energía, mientras que la obtención de la misma cantidad de papel reciclado demanda apenas 1.000 a 2.500 KW/h de energía.
- A cada 28 toneladas de papel reciclado, se evita la destrucción de una hectárea de selva, o lo que es lo mismo, para cada tonelada de papel común producido, se cortan aproximadamente 30 árboles adultos.
- Las fibras utilizadas en el proceso de reciclaje pueden llegar a ser reutilizadas para la producción de papel reciclado entre 7 y 10 veces.

Cabe resaltar, que barnices utilizados en el cartón para mejorar su desempeño y durabilidad, pueden elevar considerablemente el coste y tiempo de fabricación. Además de eso, se imposibilita su reciclaje al final de su vida útil, además de convertir el material en un residuo considerado peligroso, implicando en una destinación final más compleja y onerosa (Caldas, 2018).

#### 4.3.2.1. Realidad social en Brasil y los catadores

Debido al interés económico por detrás del proceso de reciclaje en Brasil, este acaba teniendo una serie de impactos a nivel social en la población. Gracias a esto, parte de la población acaba dedicándose a la venta y recogida de basura a empresas y plantas de reciclaje. Estas personas, popularmente conocidas como “catadores”, hacen esa separación y recogida de residuos y desechos en calles, contenedores, basureros y vertederos en intensas jornadas laborales.

Estos trabajadores pueden ejercer dicha actividad de forma individual (autónomos) o vinculados a empresas e instituciones dedicadas al reciclaje. Estos trabajadores son responsables por aproximadamente 90% de la basura reciclada en Brasil, evidenciando su importancia en el proceso (Silva, Goes y Álvarez, 2013). Sin embargo, dicha importancia en el proceso de reciclaje en el país, es inversamente proporcional a la realidad vivida por esas personas cuanto a su clase social. Los catadores enfrentan una invisibilidad social, viviendo en localidades en riesgo, trabajando excesiva cantidad de horas con muy baja remuneración, y cargando una gran cantidad de basura recogida durante la jornada laboral.



Fig. 62: Catador en Brasil (Araújo, 2013). Disponible en: <https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/dia-reciclador-reciclagem-lixo-conheca-vivem-lixo/>

Gran parte de lo sufrido por esta clase trabajadora está relacionado a la historicidad de la actividad ejercida, basada en prácticas informales sin acceso a derechos laborales, con dificultades para ser reconocida por las administraciones públicas del país como una actividad legal. Como consecuencia, estos trabajadores acaban viviendo en índices de extrema pobreza, asociado al bajo grado de escolaridad o hasta analfabetismo. Tanto el bajo nivel económico cuanto el analfabetismo, están muy vinculados a las regiones Norte y Nordeste del país. En 2013, de los 387.910 catadores de basura declarados en Brasil, 16.528 vivían en la región Nordeste, siendo 34% de estos, analfabetos. (Silva, Goes y Álvarez, 2013).

Otra cuestión importante en la discusión acerca de dicha actividad laboral es la remuneración recibida por dicho trabajo. En 2010, los catadores brasileños consiguieron recaudar al mes una media de R\$ 571,56, valor 12% más elevado que el sueldo mínimo del país en aquel año, establecido en R\$ 510,00. Sin embargo, esta media ilustra la desigualdad entre regiones del país, puesto que, en la Región Sudeste, la media salarial



de los catadores ha sido de R\$ 629,89, mientras que en la Región Nordeste, la cifra era de R\$ 459,34, inferior al sueldo mínimo brasileño. La desigualdad nacional relacionada a la actividad de los catadores también puede ser ilustrada cuanto al género del trabajador, ya que las mujeres acaban ganando alrededor de 32% menos que los hombres realizando la actividad de recogida de basura (Silva, Goes y Álvarez, 2013).

En contrapartida, existen en el país algunos centros de apoyo y colaboración para los recogedores de basura. Es destacable, el Movimiento Nacional de Catadores de Materiales Reciclables, donde alrededor de 85.000 catadores se asociaron al movimiento nacional (MNCMR, 2016). Además del apoyo social y estímulo a la actividad desarrollada por los catadores, esta institución colabora con la movilización del poder público y con sectores privados para buscar alianzas y políticas de desarrollo para estos trabajadores (Silva, Goes y Álvarez, 2013).

El Movimiento Nacional de Catadores de Materiales Reciclables tuvo su inicio en São Paulo en 2011, y además de ayudar a los trabajadores, colabora con la concienciación de la población acerca de la importancia de la actividad realizada por estos trabajadores. Con el objetivo de demostrar que la gestión de residuos es de suma importancia para la mejora de la calidad de vida, especialmente de las futuras generaciones, en 2009, el movimiento ganó el Premio Nacional de Derechos Humanos en la categoría de enfrentamiento a la pobreza, que reconoce y premia instituciones que luchan por la igualdad de derechos económicos y sociales, así como el combate al hambre (MNCMR, 2016).

La figura del catador es importante para el desarrollo del abrigo propuesto en este trabajo, puesto que, dado el uso del cartón reciclado como principal material constructivo en el módulo emergencial, se genera un vínculo directo entre esta clase trabajadora y la obtención del material, debido a la importancia que tienen esos profesionales en el proceso de reciclaje brasileño.

# 5. PROPUESTA DE ABRIGO EMERGENCIAL

## 5. PROPUESTA DE ABRIGO EMERGENCIAL

El foco de este trabajo consiste en, después de lo estudiado y presentado anteriormente, desarrollar un modelo de abrigo emergencial para Brasil.

El modelo desarrollado debe ser pensado para utilización en localidades bajo las condicionantes de clima tropical atlántico y tropical de altitud, cumpliendo los parámetros que recomiendan UNHCR y Sphere para dicha tipología arquitectónica; utilizando además como principal material, el papel cartón en forma tubular, similar a las obras desarrolladas por el arquitecto japonés Shigeru Ban.

## 5.1. Justificativa

Como visto anteriormente, las localidades brasileñas que más sufren con desastres y catástrofes naturales son aquellas que, debido a su contexto político-social y climático, están situadas bajo las variantes climáticas tropical atlántico y de altitud. Año tras año, ciudades de la costa atlántica brasileña e interior de la Región Sudeste, en estados los estados de Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, etc., sienten el impacto de las fuertes lluvias estacionales (en verano para la mitad sur del país e invierno para la mitad norte), cuando parte de la población corre el riesgo de perder sus casas debido a una construcción precaria y sin cumplimiento de normativas técnicas.

El objetivo de este trabajo consiste en desarrollar un modelo de abrigo emergencial temporal que se adecue a la realidad e imposiciones climáticas de esas localidades, y que facilite la transición entre el momento del desastre y la re-ubicación de las familias afectadas a sus casas o a destinos más permanentes, como hoteles, casas de familiares, etc.

En Brasil, no siempre las situaciones pos-desastre son gestionadas de la mejor manera. Los abrigos emergenciales son esenciales en los primeros instantes después de una situación de catástrofe, proporcionando seguridad y algo estabilidad emocional a la población afectada. El objetivo del módulo emergencial que será presentado es ofrecer a esta población privacidad, intimidad y unión familiar en el momento de transición entre un desastre y una solución permanente, lo que infelizmente, no es de habitual ocurrencia en el país.

Además de eso, cumpliendo las recomendaciones de UNCHR y Sphere, órganos vinculados a la ayuda humanitaria en casos de catástrofes, el abrigo debe ser desarrollado con un material producido o disponible en escala local. Se priorizó en la elección del material, que este fuese de bajo impacto ambiental y de fácil reutilización y sustitución caso necesario, proponiendo una estructura lo más ecológica posible. Se propone el uso del cartón en secciones tubulares, por presentar correcto desempeño ante las fuerzas a las que será expuesto durante su uso, auxiliado por varillas metálicas plegables para la sujeción estructural.

Aun buscando seguir las recomendaciones de los órganos mencionados, el abrigo propuesto puede ser construido por la propia población afectada, sin necesidad de mano de obra especializada, debido a la baja complejidad del sistema constructivo y ligereza de los componentes de dicho sistema, buscando seguir siempre un modelo IKEA, con pasos sencillos y didácticos que permitan la construcción correcta del modelo sin comprometer su adecuado funcionamiento o perjudicar sus prestaciones, especialmente en situaciones donde los constructores, en este caso, la población afectada por el desastre previo, comúnmente se encuentran con un estado emocional desestabilizado. El modelo a continuación, propone el espacio cubierto por persona recomendado por los órganos, además de ser modular y ofrecer espacio suficiente para distintas formaciones en el interior de un abrigo, o incluso la unión de dos o más de estos.

Por último, en un país con dimensiones continentales como Brasil, el transporte de ayuda y recursos humanitarios es otro factor de carácter decisivo para una adecuada logística y buena operación pos-desastre. Así, otra cuestión clave para el desarrollo del

modelo propuesto en este trabajo es la posibilidad de su producción en fábricas comunes de tubos de cartón, reduciendo distancias entre fabricación, almacenamiento y entrega en el local. También es posible la reducción de dimensiones una vez desmontando, minimizando el volumen a ser empaquetado y transportado, facilitando la disposición de cada módulo en los distintos medios de transporte que deban ser utilizados a depender del trayecto, comúnmente camiones o helicópteros. Se buscó también que el módulo pueda ser de fácil desmontaje y empaquetado también por los usuarios una vez finalizado el periodo de uso, optimizando el transporte del habitáculo también para su devolución.

## 5.2. Proceso creativo

El proceso de creación utilizado para el desarrollo del modelo que será presentado ha tomado como principales requisitos a tres puntos: uso de cartón como principal componente de la edificación, facilitar las etapas de transporte, y composición de un sistema estructural simple y ligero que posibilite su construcción por parte del usuario, sin comprometer el desempeño del modelo.

Cuanto a la primera premisa, se pensó en utilizar el cartón como principal material del modelo por ventajas y características ya presentadas anteriormente: resistencia adecuada a las fuerzas a las que el modelo será expuesto, ligereza, fácil y abundante producción, coste de producción reducido y altos índices de reciclaje, y consecuentemente, bajo impacto ambiental.

Sobre el transporte, para obtener reducciones significantes en el volumen total que será transportado desde los almacenes donde se encuentra el modelo al local del accidente, en vez de utilizar tubos continuos de piso a suelo (sistema más utilizado por el arquitecto Shigeru Ban) se proponen tres tubos con diámetros y alturas distintas que serán introducidos los unos en los otros, reduciendo en casi un tercio su altura, cuando recogidos.

Por fin, se buscó lograr que la construcción del modelo sea lo más simplificada posible. Dado que los constructores del habitáculo serán sus propios usuarios (recomendaciones de UNHCR y Sphere), consecuentemente población afectada por algún tipo de desastre, y habitualmente estos se encuentran en condiciones emocionales comprometidas, es interesante que el proceso comprometido sea didáctico y ejecutable sin dificultades, desde el momento del recibimiento de los materiales a la ejecución del modelo. Se buscó así, alcanzar una estructura ligera, práctica, compuesta por etapas constructivas repetitivas y con poca variedad de piezas, que pudiese ser ejecutada por pocas personas.

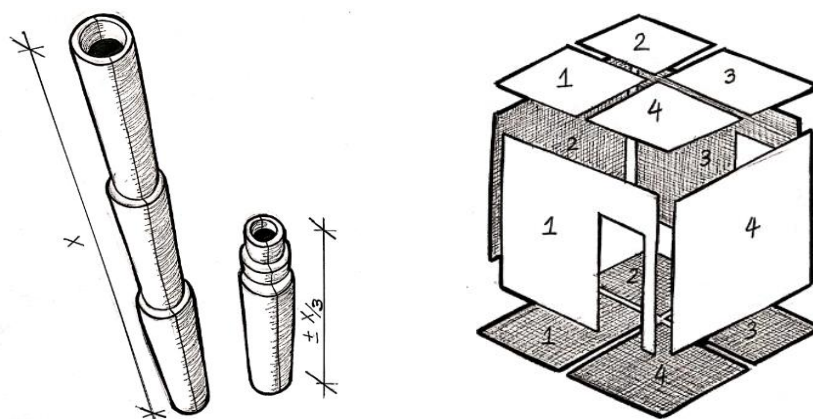


Fig. 63 y 64: Izda: Sistema de plegado de tubos. Dcha: Principales componentes del módulo propuesto.  
Fuente: Desarrollado por el autor

### 5.3. Características

El módulo propuesto consiste en una estructura que puede ser identificada con el sistema Flat-pack de Anders, 2007, mencionado anteriormente. El sistema consiste en que el abrigo llegue al local del desastre desmontado, para que su posterior montaje sea elaborado por los usuarios. Este sistema permite reducciones en el volumen a ser transportado, así como facilitar el traslado del módulo a determinados locales de difícil acceso.

El módulo emergencial propuesto consiste en un habitáculo cuadrado de 7,51m<sup>2</sup> con capacidad para 2 personas, cumpliendo con los estándares de UNHCR y Sphere, que recomiendan un mínimo de 3,5m<sup>2</sup> de estructura cubierta por persona en climas cálidos.

El sistema está compuesto por cuatro muros, compuestos a su vez por la colocación secuencial de tubos de cartón. Los tubos, a su vez, son seccionados en tres alturas, donde cada una de ellas tiene diámetros diferentes, recogándose unos dentro de otros reduciendo espacios para transporte y almacenamiento. Los muros con puerta (paralelos) tienen dos particularidades:

- El hueco para la puerta está conformado por la ausencia de tubos hasta determinada altura, donde una tela fina es utilizada como puerta, fijada al dintel por chinchetas o algún otro elemento similar a este.
- En el tramo del muro que no tiene puerta, se intercalan tubos que se unen a la placa del techo, con tubos de menor altura, que posibilitan pequeñas aperturas elevadas, huecos que permiten la ventilación e iluminación al interior de la estancia.

El suelo y techo del módulo también utilizan al cartón como único recurso constructivo y tienen el mismo sistema de montaje. Piso y techo están compuestos por cuatro chapas de cartón cada uno, que se encajan formando una especie de puzle, evitando que las placas se separen o deslicen durante la construcción o en el periodo de uso. Las placas son de cartón triple, compuestas por una pequeña capa inferior rellena con cartón corrugado. Las dos capas superiores son de mayor altura, compuestas por tubos de cartón de espesor mínimo fabricado por la industria brasileña -1,5mm (Lacerda, 2006), dispuestos en el plano horizontal.



Para evitar o reducir los problemas del cartón en relación a la humedad, una lona plástica de PVC de 3,9m x 3,9m se coloca en la base del modelo, aislándolo del suelo y evitando humedades en las placas utilizadas para el piso o en la base de los tubos. Otra lona plástica de PVC de 4,10m x 4,1m es utilizada para la conformación del techo. Dicha lona es hinchable, con un volumen de aire interior de aproximadamente 60cm<sup>3</sup>, haciendo de aislante térmico, a la vez que proporciona cierta declividad a la cubierta, impidiendo acumulaciones de agua y direccionando eventuales aguas de la lluvia a los aleros, con más distancia de los muros - 50cm -, que la distancia de la lona utilizada en la base - 40cm -.

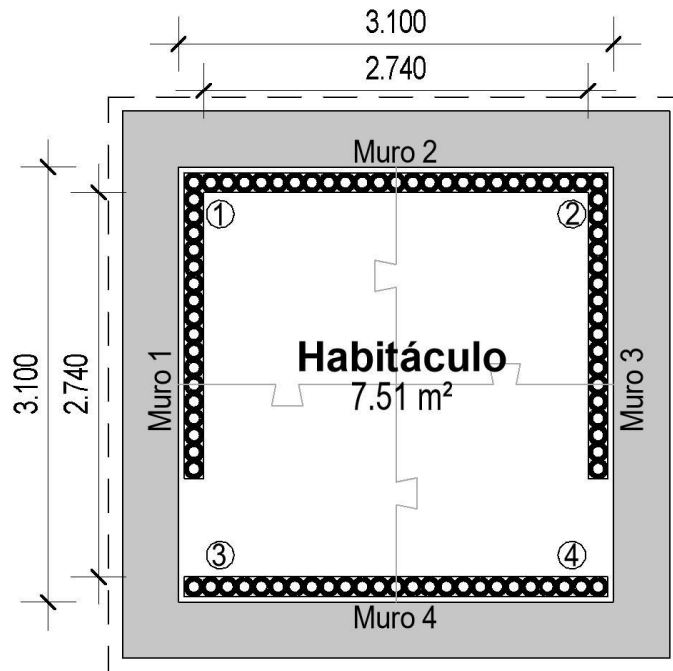


Fig. 65: Planta baja del módulo emergencial. Fuente: Desarrollado por el autor

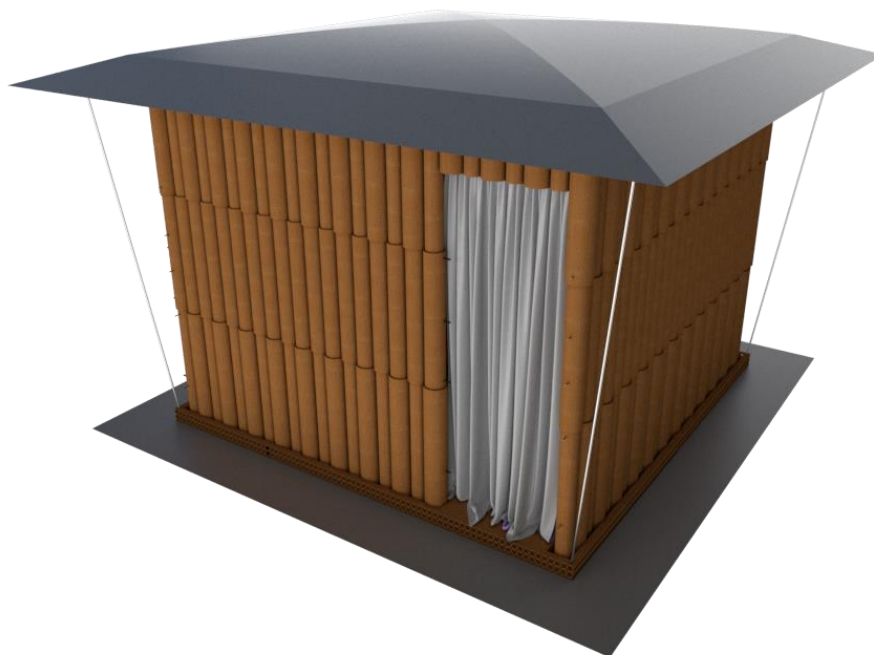
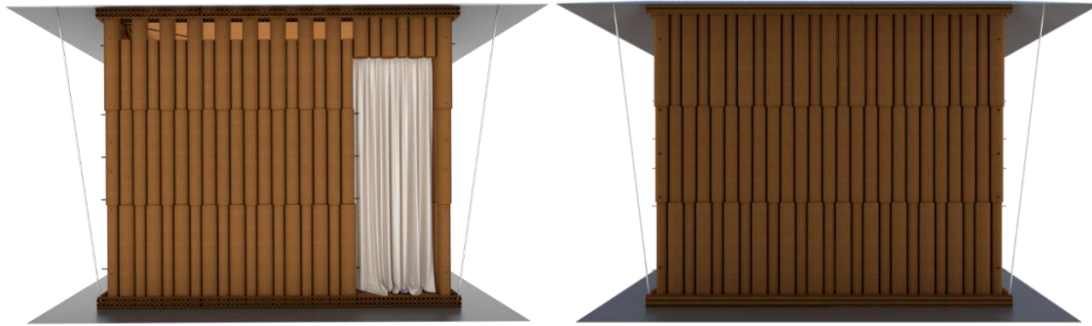


Fig. 66: Módulo emergencial propuesto. Fuente: Desarrollado por el autor



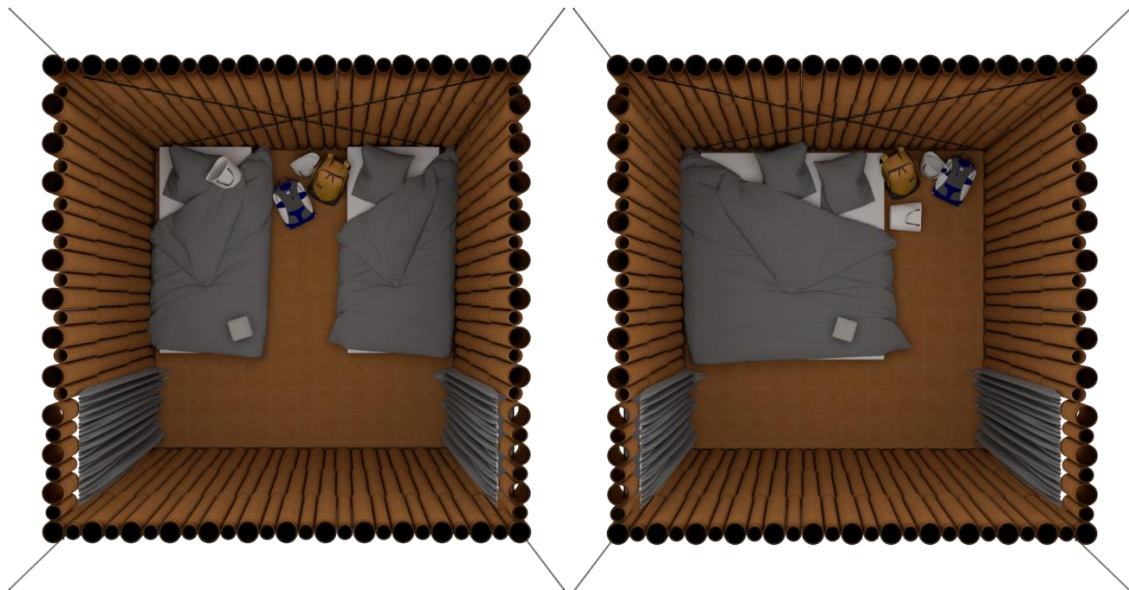
Figs. 67 y 68: Izda: Fachadas 1 y 2 - Muro con puerta y huecos superiores. Dcha: Fachadas 2 y 4 – Muro simple continuo. Fuente: Desarrollado por el autor

El módulo tiene espacio interno suficiente para la ubicación de dos colchones, pudiendo conformar una estancia para solteros con los colchones separados, o una estancia para pareja con los colchones juntos. El espacio también puede permitir la ubicación de una tercera cama para el caso de familias con niños pequeños que no pueden separarse de sus padres, o simplemente para aquellas familias que desean permanecer unidas en el momento pos-catástrofe. Es importante considerar esta opción, debido a que las comunidades brasileñas que más sufren con situaciones de catástrofes y desastres naturales y acaban desabrigados (normalmente de baja renta), habitualmente presenten altos índices de natalidad.

Cabe resaltar, que a pesar de disponer de la cubierta de lona plástica PVC, el modelo desarrollado está pensado inicialmente para que su uso tenga lugar en espacios interiores de pabellones, iglesias, escuelas, galpones, etc., ya que es la logística comúnmente seguida por las autoridades brasileñas en las situaciones de emergencia y catástrofe. En este caso, la cubierta sirve como bloqueo de eventuales lluvias que alcancen los abrigo a través de huecos de ventilación habituales en este tipo de estructura que abrigaría el campamento de desabrigados, además de proporcionar cierta sujeción a los muros, debido al uso de varillas metálicas en los aleros y velcro en las placas del techo, como será visto posteriormente.



Figs. 69 y 70: Izda: Pabellón deportivo de escuela en São Paulo, con huecos laterales sin posibilidad de bloqueo de lluvias. (Lene do Vale, 2017. Disponible en: <http://www.blogdocarlitao.com.br/blog/2013/11/07/quadra-poliesportiva-da-escola-sao-paulo-esta-um-show/>) Dcha: Pabellón deportivo Deromi Melo en Ceará, los huecos para ventilación son hechos por celosías. (CBFS, 2014. Disponible en: <http://globoesporte.globo.com/ce/noticia/2014/04/para-receber-taca-brasil-de-futsal-ginasio-de-crateus-passa-por-reforma.html>)



*Figs. 71 y 72: Izda: Propuesta estancia para dos solteros. Dcha: Propuesta de estancia para pareja.  
Fuente: Desarrollado por el autor*



*Fig. 73: Interior del abrigo emergencial. Fuente: Desarrollado por el autor*

#### 5.4. Especificaciones técnicas

Como mencionado en los apartados anteriores, la envolvente del modelo está compuesta básicamente de elementos de cartón, a excepción de la cubierta y piso, hechos de plástico. Por tratarse de una edificación destinada a uso temporal, y con base en los estudios presentados en este trabajo en los apartados 4.2.1., 4.2.2. y 4.2.3., y de

acuerdo con las propias conclusiones sobre sus características técnicas relatadas en el apartado 4.2.4. sobre la viabilidad de su uso como recurso constructivo, se puede decir que el cartón es apto para el uso al que es propuesto en este trabajo.

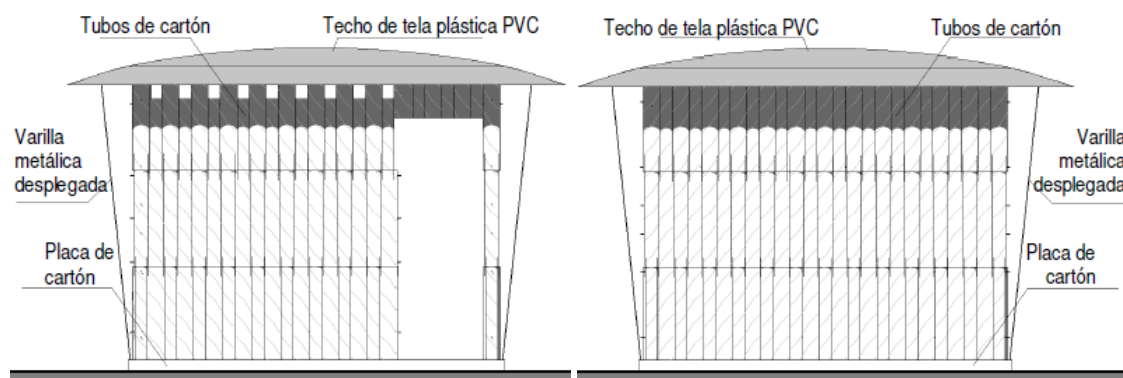
El tiempo de uso propuesto para el módulo desarrollado en este trabajo es de una semana (tiempo similar al que duran los periodos de transición y medidas definitivas en el país), ya que, por orientación de UNHCR y Sphere, se recomienda que dichos abrigos emergenciales funcionen de hecho como edificaciones temporales, evitando la posibilidad de que los usuarios extiendan su permanencia en el acampamento y obligando a que la administración del local tome medidas más definitivas. Se considera así, que el cartón puede tener un efecto positivo cuanto a estas recomendaciones.

Por lo tanto, se puede considerar que el cartón especificado para el módulo propuesto, es capaz de superar el periodo de tiempo (una semana) para el que es solicitado, a pesar de las carencias presentadas en los apartados sobre ensayos técnicos anteriormente mencionados, sobre todo en relación a la resistencia a la humedad y compresión.

Los tubos que conforman la estructura de los muros, a los que serán denominados de Conjuntos, tienen el mismo espesor de paredes - 1cm -, pero con diámetros internos distintos, de 12cm, 10cm y 8cm, posibilitando que se recojan los más finos en el interior de los más gruesos. En general, los tubos más finos son más altos que los tubos más gruesos, para posibilitar que, en el momento del montaje, puedan encajarse y sujetarse por medio de varillas metálicas que los unen, atravesando orificios ya hechos en distintas alturas de los tubos en puntos clave de las uniones, funcionando como nudos.

Los muros que no tienen puerta - 2 y 4 - están compuestos por la colocación secuencial de conjuntos en el eje determinado, siendo que los conjuntos impares son posicionados con su tubo más grueso en contacto con el suelo, mientras que los conjuntos pares son girados, haciendo a su vez, con que su tubo más fino esté en contacto con el suelo.

Sin embargo, los muros con puerta y huecos para ventilación - 1 y 3 -, tienen la particularidad de no intercalar dos conjuntos iguales en sentidos distintos. En este caso, los conjuntos impares son colocados con la base en contacto con el suelo, pero dichos conjuntos están formados por un tubo fino - 8cm de diámetro interno – de menor dimensión, generando los huecos en las partes superiores de los muros.



*Figs. 74 y 75: Izda: Alzados 1 y 3 - Muro con puerta y huecos superiores – Conjuntos de distintos tamaños. Dcha: Alzados 2 y 4 – Muro simple continuo – Conjuntos de igual tamaño (invertidos). Fuente: Desarrollado por el autor*



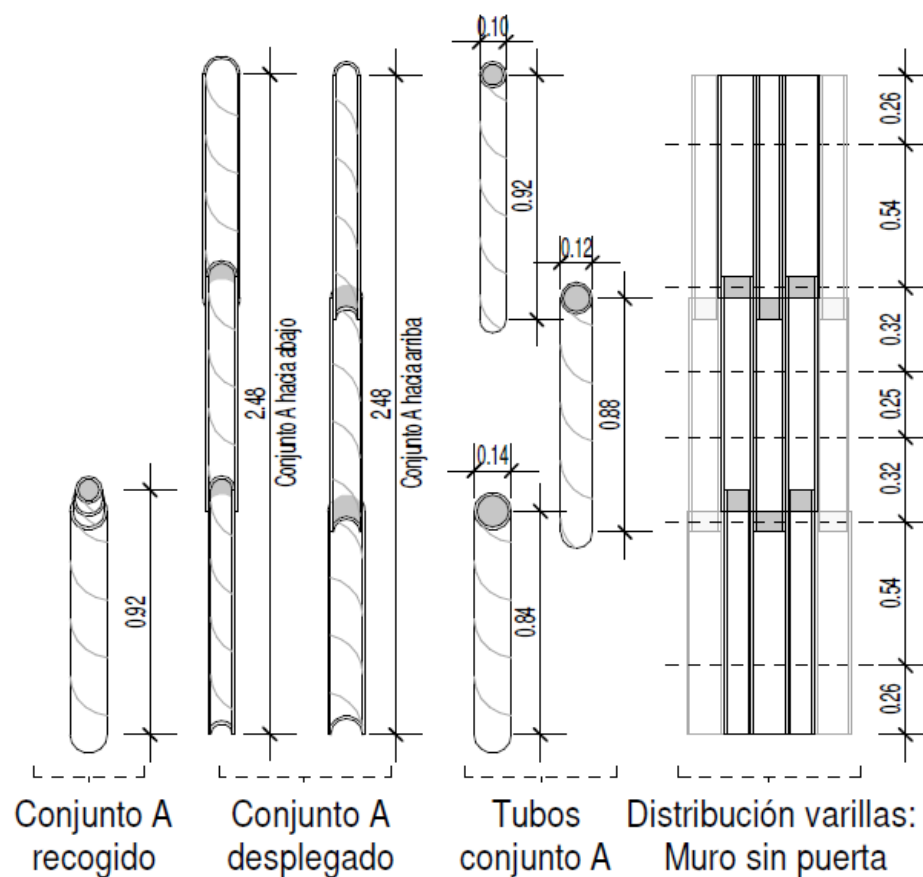


Fig. 76: Detalles de Conjuntos y tubos de muros sin puerta. Fuente: Desarrollado por el autor

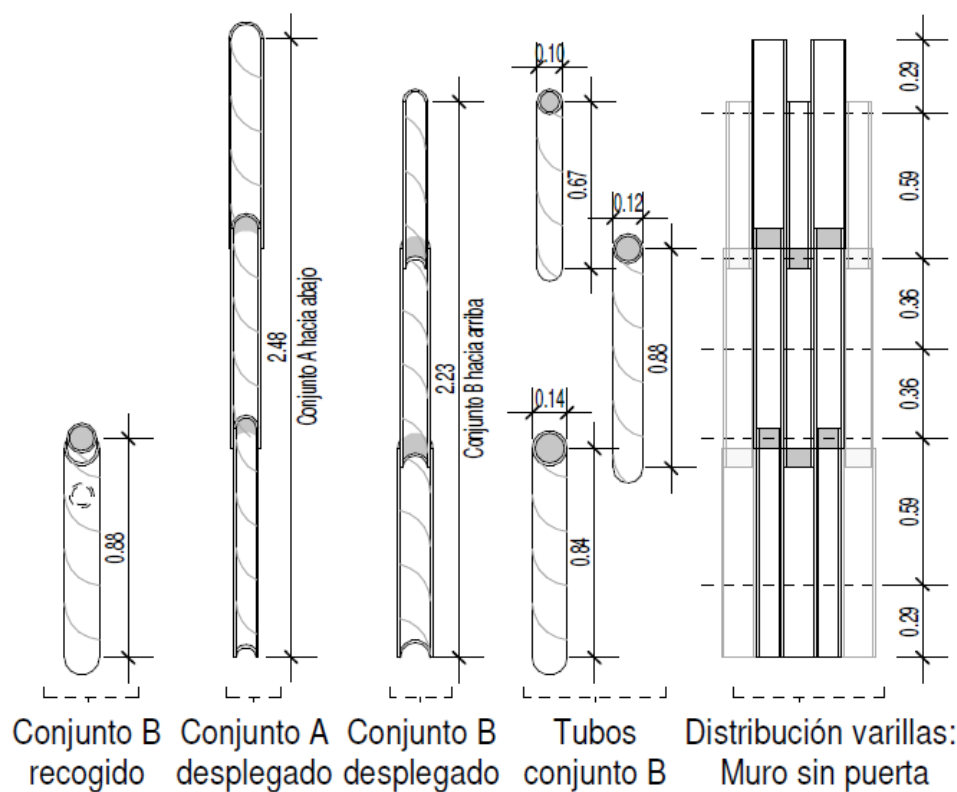
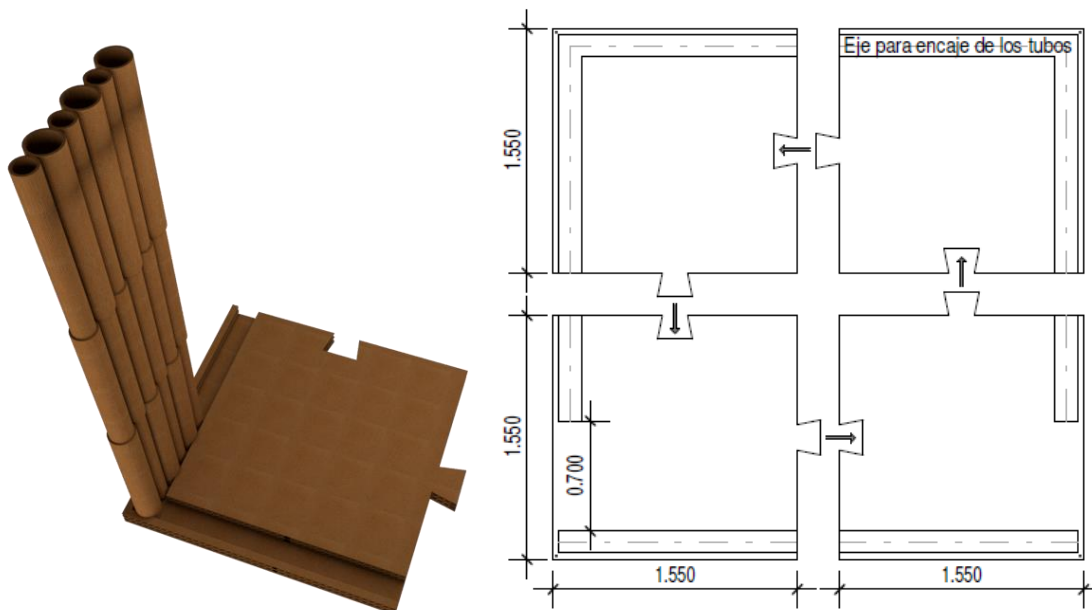


Fig. 77: Detalles de Conjuntos y tubos de muros con puerta. Fuente: Desarrollado por el autor



Las cuatro placas utilizadas para piso y techo siguen el mismo sistema, con proyecciones y cavidades trapezoidales, en dos lados del cuadrado que compone cada placa, posibilitando que estas se encajen entre sí, dando estabilidad al modelo. Las placas, de 9,4 cm de altura, contienen a su vez, cavidades en el plano vertical que atraviesa las dos capas internas de cartón tubular, haciendo con que los conjuntos de tubos se reposen sobre la camada más fina de cartón corrugado, la más baja en el caso del piso, y más alta en el caso del techo. Dichas cavidades tienen espesor de 14cm, coincidiendo con el diámetro externo máximo de los tubos, con el objetivo de que estos no se deslicen en las placas, auxiliando en la colocación de los tubos siguientes, y facilitando la construcción del abrigo.



Figs. 78 y 79: Izda: Placa de piso con conjuntos de tubos posicionados. Dcha: Sistema y dimensiones de las placas de cartón para piso y techo – Conjuntos de igual tamaño (invertidos). Fuente: Desarrollado por el autor

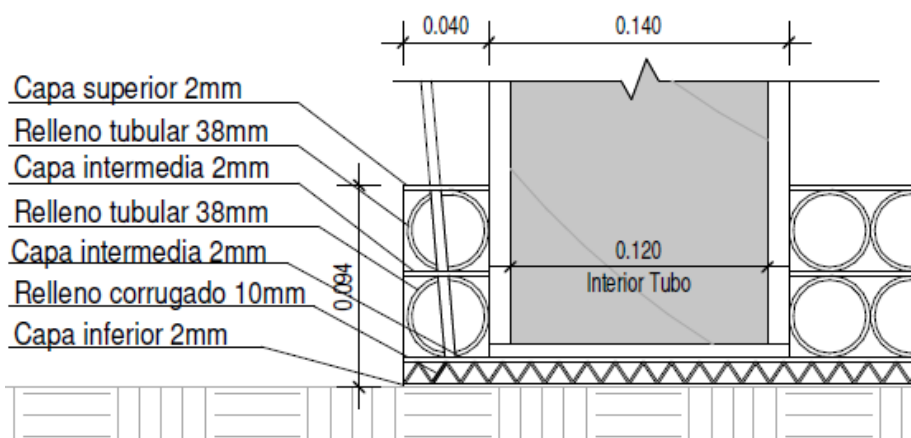


Fig. 80: Detalle del encaje del conjunto de tubos con la placa del piso. Fuente: Desarrollado por el autor

En el caso de las placas utilizadas para el techo, estas llevan pegadas en todo su perímetro, coincidiendo en su cara externa con el eje para el encaje de los tubos, una cinta de velcro que será utilizada para unir las placas del techo a la lona plástica que formará la cubierta una vez hinchada. El alero - 50 cm – será sujeto por varillas metálicas dispuestas en cada esquina del abrigo completo. Las varillas, a su vez, se fijan a las placas de suelo por medio de orificio previamente hechos en estas. Los orificios, cavidades y proyecciones diseñados en el modelo, así como los tubos, tiene sus dimensiones de precisión milimétrica, y son posibilitados gracias a la tecnología de corte láser.

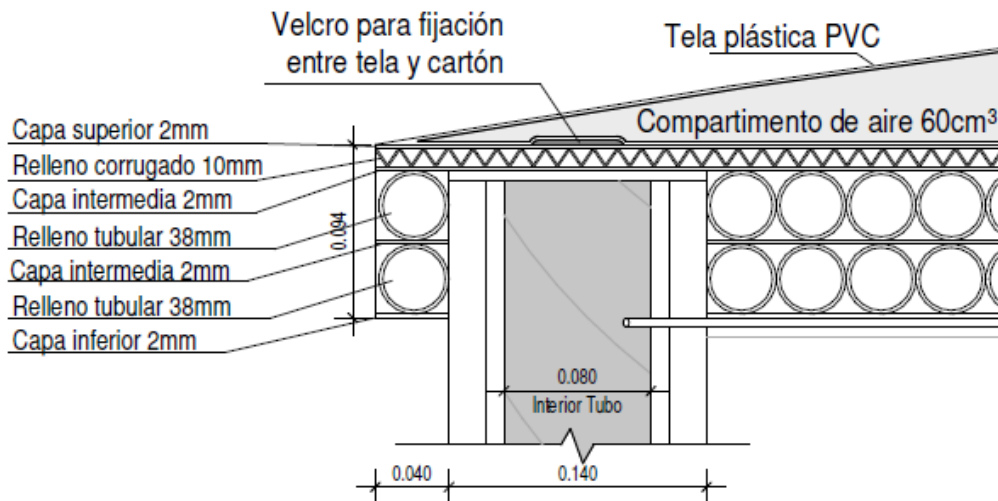
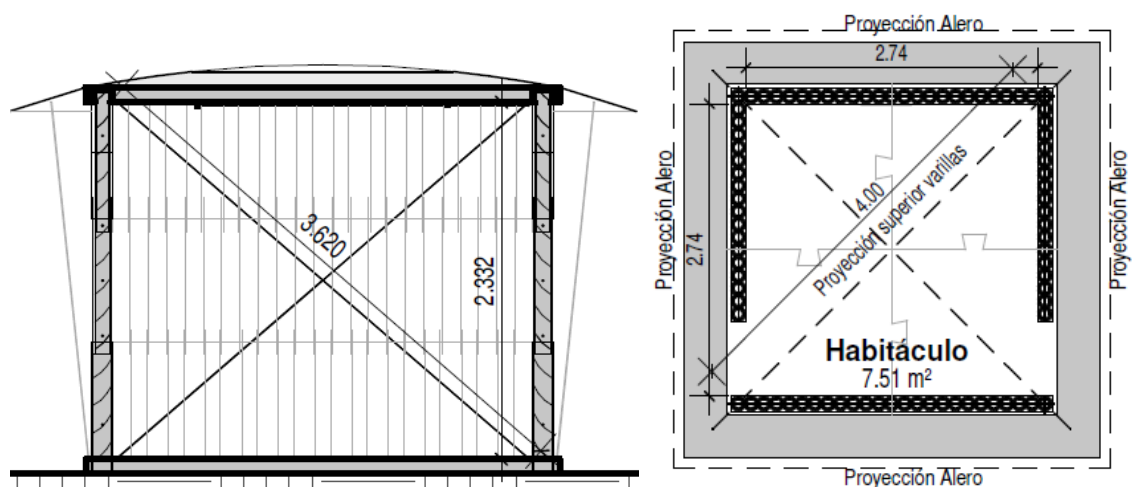


Fig. 81: Detalle del encaje del conjunto de tubos con la placa del techo. Fuente: Desarrollado por el autor

Para aportar más estabilidad todavía al sistema, se propone la colocación de dos conjuntos de varillas metálicas en forma de cruz en el interior del abrigo. Se instalan así las dos varillas de forma paralela al muro 2, con el objetivo de dar más estabilidad al sistema estructural, y otras dos varillas también paralelas al techo, estas necesarias para soportar el peso de las propias placas de cartón que componen el mismo, funcionando como vigas, ya que toda la estructura del abrigo está formada por los conjuntos de tubos de los muros, sin ningún apoyo central.



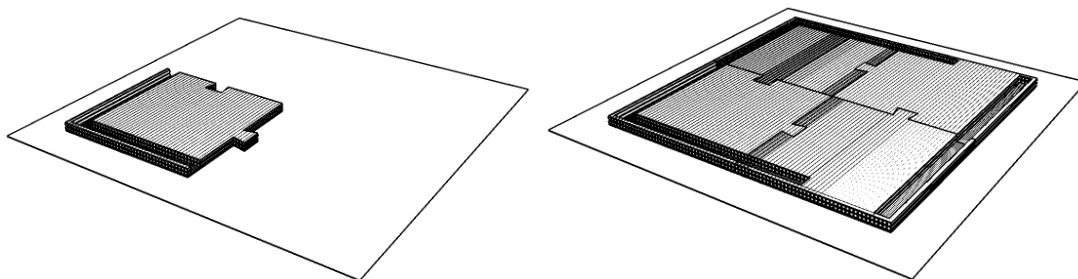
Figs. 82 y 83: Izda: Sección - Varillas en X paralelas al Muro 2. Dcha: Planta - Varillas en X paralelas al techo. Fuente: Desarrollado por el autor

Es importante resaltar que todas las varillas propuestas para el abrigo presentado en este trabajo son plegables, reduciendo el espacio que ocupan para el transporte. Dichas varillas son metálicas, con el objetivo de que dicho material compense las debilidades del cartón antes esfuerzos de compresión. El hecho de que dicho material también presente buenos índices cuanto a su reciclaje, ha sido decisivo para su elección y uso en el modelo propuesto en este trabajo.

### 5.5. Montaje

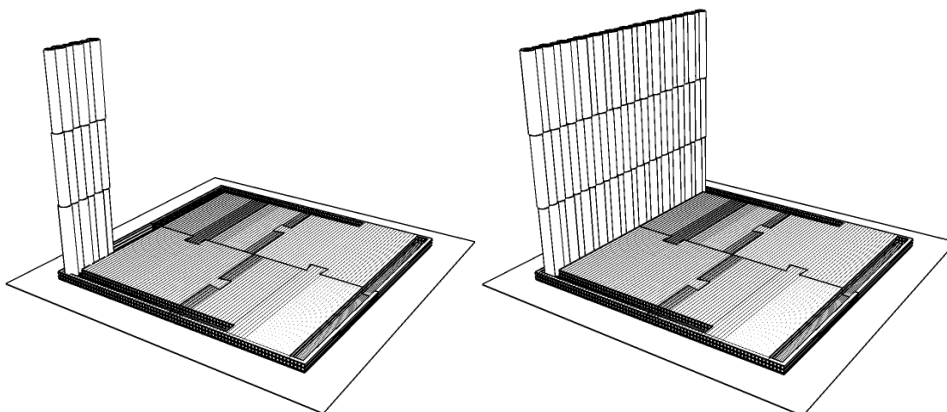
Es ideal, que la construcción de un abrigo sea rápida y sin excesiva complejidad, como recomendado por UNHCR y Sphere. Así, se idealizó que la construcción del módulo emergencial propuesto esté compuesta por pasos sencillos y repetitivos, con componentes fácilmente identificables. La ligereza de las piezas también es un factor que colabora para una rápida construcción. Los pasos para la construcción del abrigo emergencial son los siguientes, y también están descritos en el manual de montaje adjunto a este trabajo:

- 1- Posicionar la lona en el suelo.
- 2- Encajar las placas del suelo sobre la lona del piso.



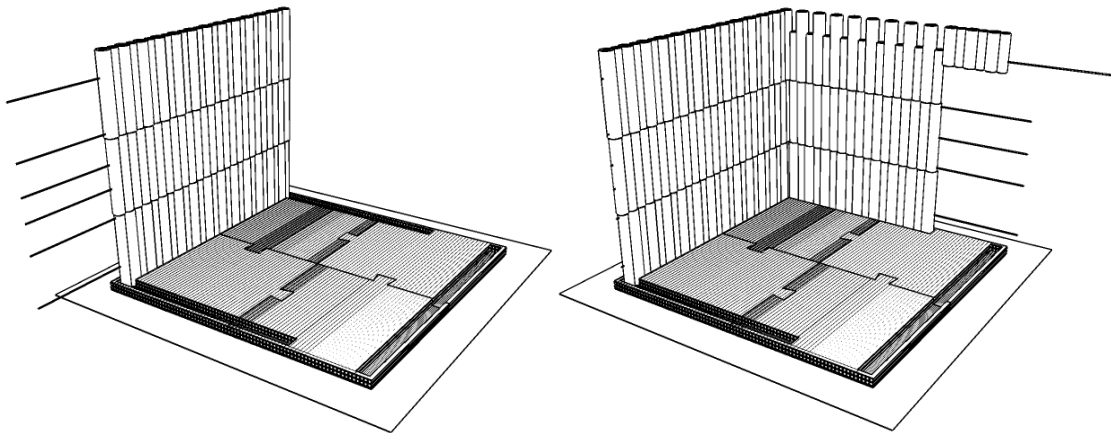
*Figs. 84 y 85: Izda: Colocación de la primera placa de piso sobre la lona del suelo. Dcha: colocación y encaje de todas las piezas de piso. Fuente: Desarrollado por el autor*

- 3- Una vez desplegados los tubos, colocar los conjuntos de uno en uno en secuencia (invirtiendo las bases finas y gruesas) hasta completar todo el tramo del muro en el espacio determinado en las placas del suelo.

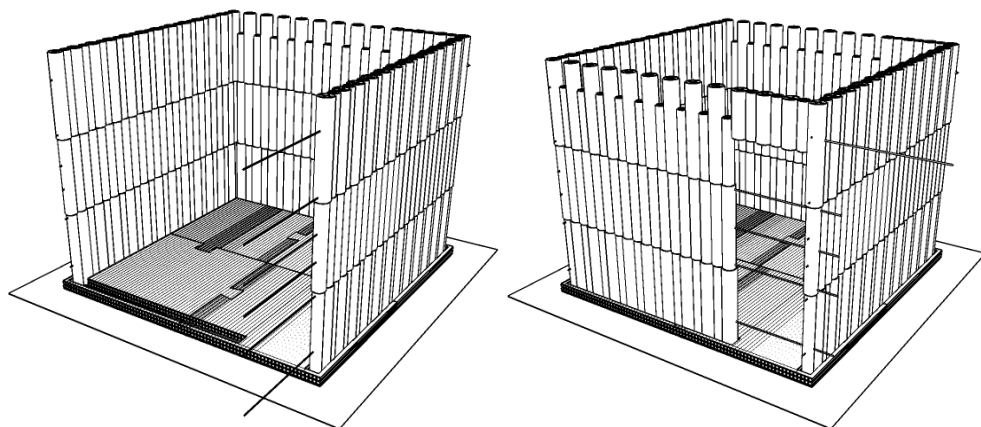


*Figs. 86 y 87: Izda: Colocación de los primeros tubos. Dcha: Colocación de los tubos en todo el tramo del muro. Fuente: Desarrollado por el autor*

- 4- Insertar las varillas en los respectivos orificios atravesando los tubos (esta etapa de ser hecha en paralelo a la anterior para facilitar el proceso y sujeción de los tubos).



Figs. 88 y 89: Izda: Colocación de varillas en los conjuntos del muro 1. Dcha: Colocación de varillas en los conjuntos del muro 2. Fuente: Desarrollado por el autor



Figs. 90 y 91: Izda: Colocación de varillas en los conjuntos del muro 3. Dcha: Colocación de varillas en los conjuntos del muro 4. Fuente: Desarrollado por el autor

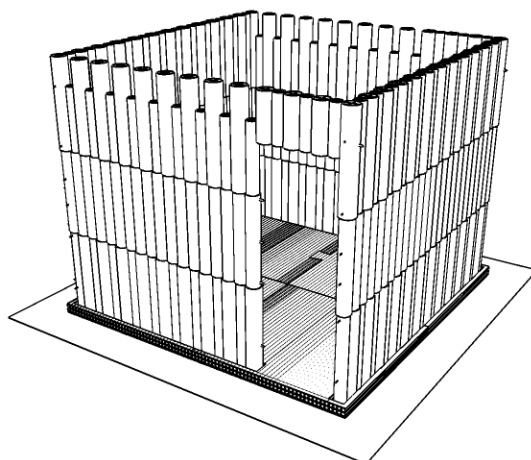
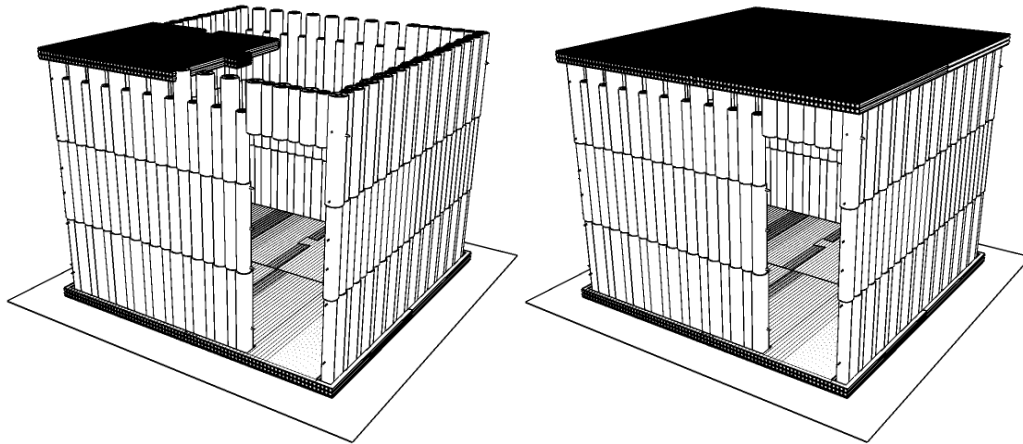


Fig. 92: Modelo con todos los muros cerrados por tubos. Fuente: Desarrollado por el autor

- 5- Encajar las placas del techo (espacios determinados) sobre los tubos.



Figs. 93 y 94: Izda: Colocación de la primera placa de techo sobre los tubos. Dcha: colocación y encaje de todas las piezas de techo. Fuente: Desarrollado por el autor

- 6- En paralelo al muro 2, en el interior, posicionar las varillas en forma de X por medio de orificios dispuestos en las placas del suelo y techo.
- 7- En paralelo a las placas de techo, en el interior, posicionar las varillas en forma de X por medio de orificios dispuestos en los tubos de las esquinas del abrigo.

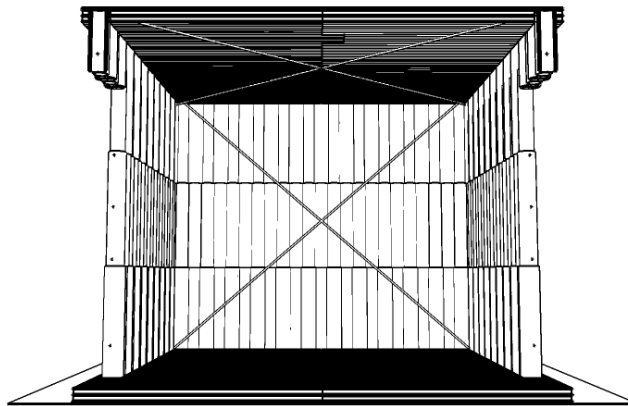
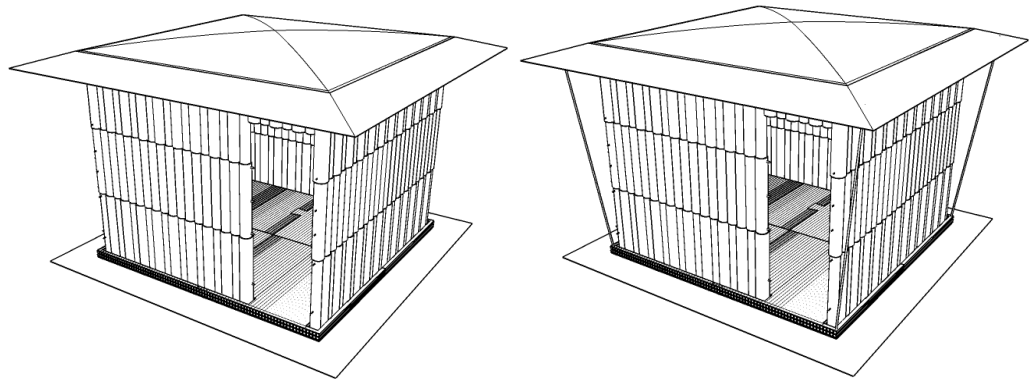


Fig. 95: Colocación de varillas en X paralelas al muro 2 y techo por el interior. Fuente: Desarrollado por el autor

- 8- Después de hinchar la lona, pegarla por medio de los velcros al techo, en la cara exterior del abrigo.
- 9- Encajar varillas metálicas en cada punta del suelo del abrigo para hacer la sujeción de los aleros de la cubierta plástica.





Figs. 96 y 97: Izda: Colocación de la lona plástica (hinchada) en la cara exterior de las placas del techo por medio de velcros. Dcha: colocación de varillas en las esquinas de las placas del suelo para sujetar los aleros de la cubierta. Fuente: Desarrollado por el autor

- 10- Perforar los tubos de los dinteles de las puertas con chinchetas (o elementos similares) para la sujeción de telas para las puertas.

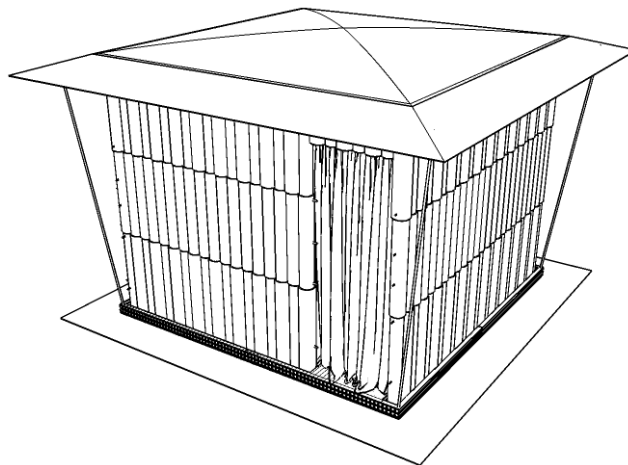


Fig. 98: Abrigo finalizado después de la colocación de las telas para cerramiento de puertas. Fuente: Desarrollado por el autor

Los materiales necesarios para la construcción del abrigo emergencial propuesto son:

COMPONENTE	CANTIDAD	UBICACIÓN
Conjunto A (tubos de cartón de 84x14 cm, 88,12 cm y 92x10 cm)	66	Muros 1, 2, 3 y 4
Conjunto B (tubos de cartón de 84x14 cm, 88,12 cm y 67x10 cm)	18	Muros 1, y 3
Tubo de cartón grueso 40,7x14 cm	6	Dintel puertas
Tubo de cartón fino 40,7x10 cm	6	Dintel puertas
Placas de cartón sin velcro en la cara exterior 1,55x1,55 m	4	Piso
Placas de cartón con velcro en la cara exterior 1,55x1,55 m	4	Techo
Varilla metálica plegable 2,22 cm	8	Muros 1 y 3
Varilla metálica plegable 3,06 cm	14	Muros 1, 2, 3 y 4
Varilla metálica plegable 3,62 m	2	Paralelas al Muro 2

Varilla metálica plegable 4 m	2	Paralelas al techo
Varilla metálica plegable 2,41 m	4	Aleros
Tela plástica PVC 3,9x3,9 m	1	Suelo
Tela plástica PVC hinchable 4,1x4,1 m	1	Techo / cubierta
Tela de algodón 2,1x0,75 m	2	Huecos de puertas
Chinchetas	6	Dinteles internos

## 5.6. Almacenamiento y transporte

La problemática del transporte del abrigo también sigue las recomendaciones de UNHCR y Sphere. Según ambos órganos, es esencial para las víctimas que el transporte sea hecho con la mayor velocidad posible.

Por tratarse de un modelo muy similar al sistema Flat-Pack de Anders, 2007, las piezas que componen dicho modelo son desmontables y plegables, reduciendo el volumen ocupado por ellas en el empaquetado, consecuentemente aumentando el número de módulos que puede ser transportado en un solo vehículo. Para optimizar el sistema de transporte se tomaron en cuenta dos directrices que influyen directamente en la propuesta desde su idea inicial: reducción del volumen de las piezas por medio de sistemas desmontables y plegables, y la condicionante de que todas las piezas sean transportadas en un único volumen.

La reducción del volumen es posible debido al uso de las varillas metálicas plegables, que alcanzan alturas máximas dobladas de 80cm, y el sistema de tubos retráctiles, cuya altura máxima de un tubo es de 92 cm. Además de eso, el sistema propuesto para placas del piso y techo también permiten una reducción de sus dimensiones. Así, el volumen final de la caja a ser transportada es de 1,85m x 1,79m, con una altura de 1,93m.

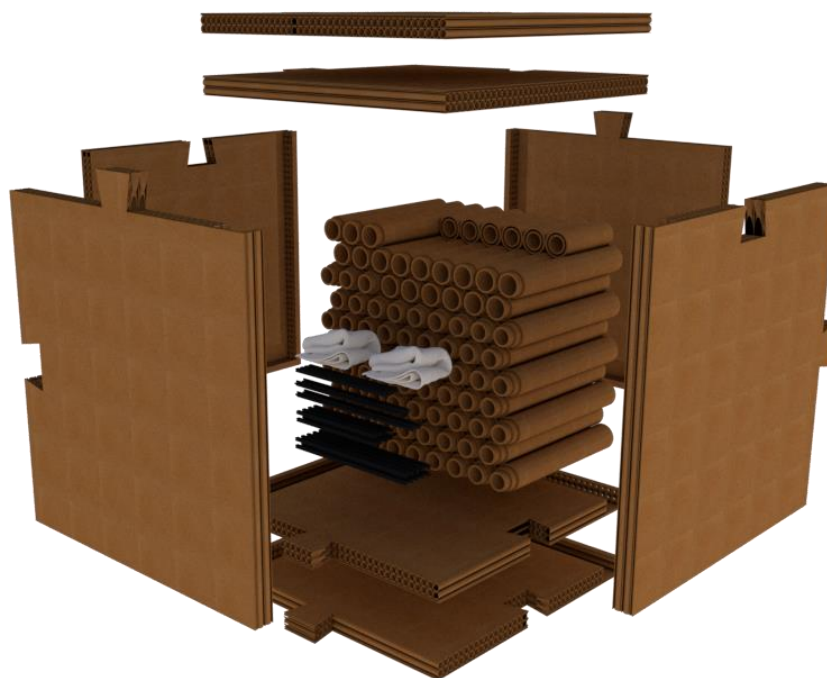


Fig. 99: Componentes en el interior de la caja a ser transportada. Fuente: Desarrollado por el autor



Fig. 100: Caja cerrada para transporte. Fuente: Desarrollado por el autor

Así, los tubos, varillas y telas para las puertas son transportados en un volumen, donde las placas de piso y techo forman las sus paredes, cerrando el paquete en forma de cubo. Por último, las telas de plástico de PVC utilizadas para el suelo y techo del abrigo, son utilizadas como embalaje de la caja, cubriendo el volumen por su parte inferior y superior respectivamente. Se cree así, que la obtención de un volumen con formas ortogonales próximas a las de un cubo, faciliten el proceso de transporte, además de posibilitar un recibimiento más cómodo en localidades de difícil acceso.

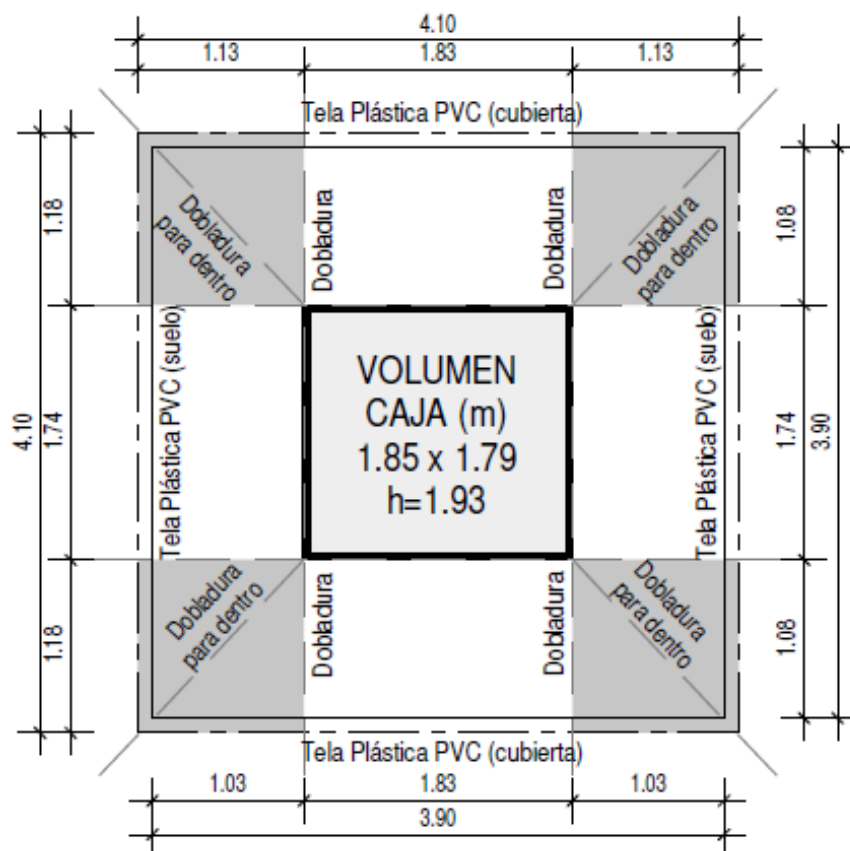
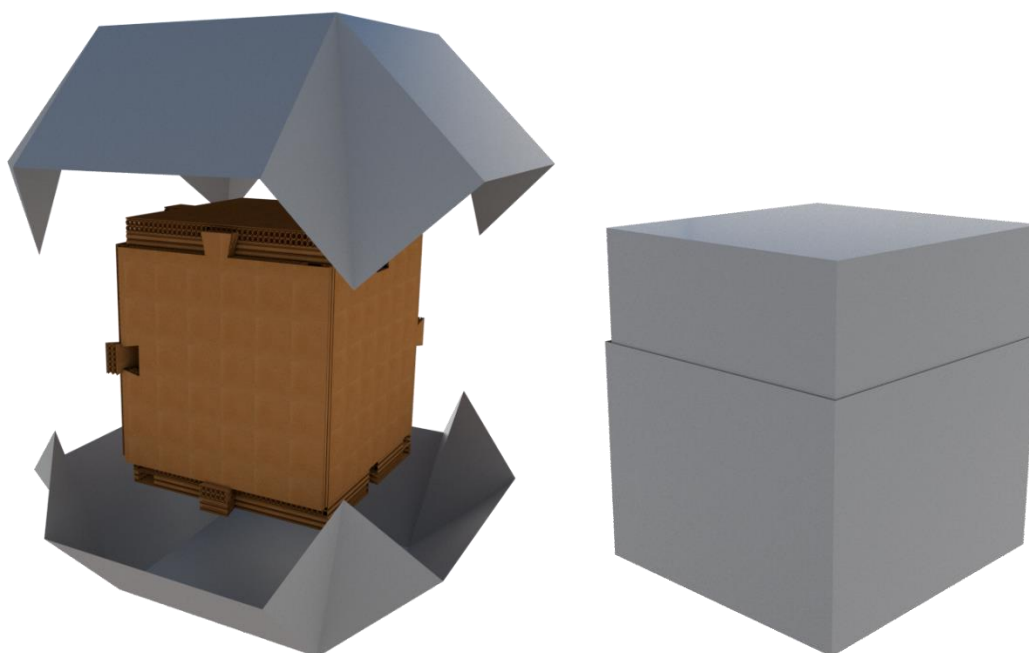


Fig. 101: Volumen y dobladura de telas para transporte del módulo. Fuente: Desarrollado por el autor



*Figs. 102 y 103: Izda: Telas de plástico en la parte superior e inferior de la caja para transporte. Dcha: Volumen final a ser transportado. Fuente: Desarrollado por el autor*

Es importante resaltar que el fornecimiento de colchones, ropas, alimentos o material médico no están incluidos en el modelo desarrollado en este trabajo, consecuente, su exclusión en el apartado de transporte. Es de imaginar, que dichos elementos han de ser distribuidos por la administración de la localidad afectada, órganos de ayuda humanitaria, o incluso la población que se disponga a ayudar y se compadezcan de las víctimas.

### 5.7. Ampliaciones y modulaciones

Para situaciones de familias o grupos numerosos que no deseen separarse o que creen mejor no ubicar un tercer lecho en el interior del abrigo, el espacio puede verse aumentado uniando los módulos con las puertas en paralelo. Para alcanzar dicho resultado, se sobrepone la cubierta de plástico de un modelo sobre la del otro, suprimiendo la instalación de las varillas metálicas en de los muros contiguos, ya que estas pueden estorbarse entre ellas, dejando que la lona plástica repose sobre el techo del abrigo vecino. Así se crean dos estancias, donde la ventilación aun circula sin interrupciones a través de los huecos de los muros de los distintos módulos, posicionados paralelamente.

Es posible la colocación de cuantos abrigos crean necesarios los usuarios de forma contigua, sin embargo, es probable que la ventilación se vea cada vez más comprometida a medida que aumenta el número de abrigos posicionados de forma contigua, aumentando la sensación de discomfort.



*Fig. 104: Abrigo doble compuesto por dos abrigo colocados de forma paralela. Fuente: Desarrollado por el autor*

El hecho de que el módulo doble tenga las cubiertas una sobre la otra, hace que su uso sea aún más cuestionable para espacios abiertos o pabellones u otras edificaciones donde, por cuestiones de ventilación, el agua de la lluvia acceda al interior del edificio, debido a problemas que el cartón pueda tener con el contacto con el agua, ya que las aguas internas de cada tejado direccionarían el agua de la lluvia el centro del módulo.



*Fig. 105: Conjunto de abrigo instalados en el interior de pabellón deportivo. Fuente: Desarrollado por el autor*





Fig. 106: Conjunto de abrigos instalados en el interior de pabellón deportivo.  
Fuente: Desarrollado por el autor

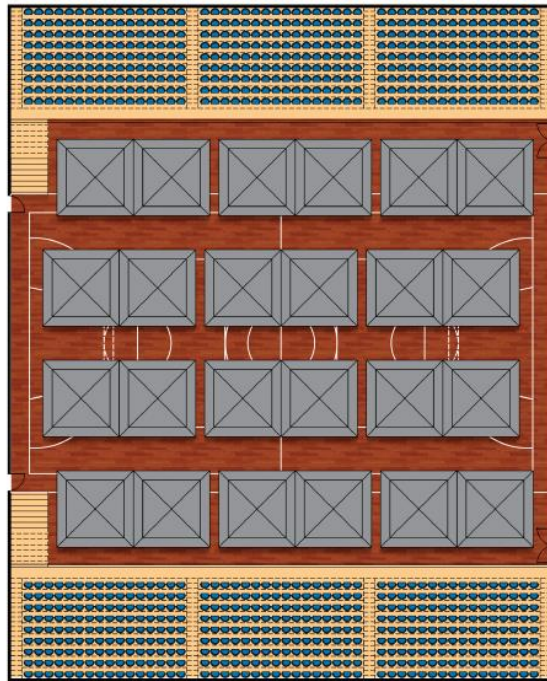
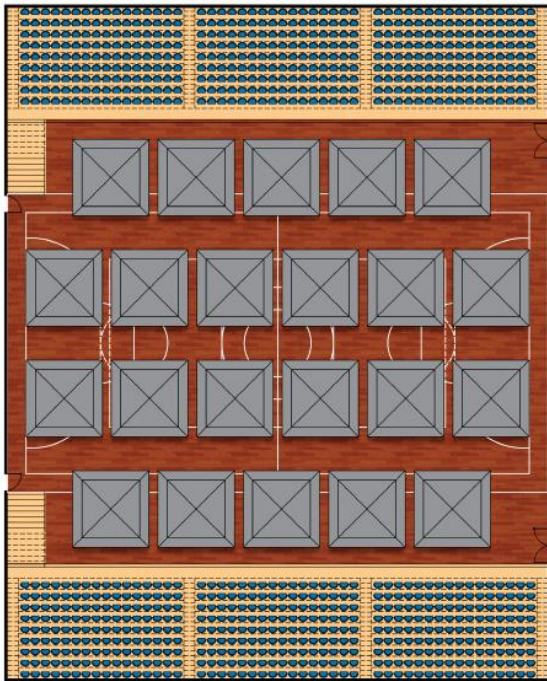


Fig. 107 y 108: Izda: Abrigos instalados de manera individual en el interior de pabellón deportivo. Dcha:  
Abrigos instalados de manera conjugada en el interior de pabellón deportivo.  
Fuente: Desarrollado por el autor

# 6. CONCLUSIONES

## 6. CONCLUSIONES

- 1- Muchos de los desastres ocurridos en Brasil son causados por problemas crónicos de carácter sociopolítico, donde normalmente la población de baja renta es la afectada, a causa de edificaciones y urbanizaciones precarias.
- 2- El clima predominantemente tropical en el país (o las variaciones de este), juntamente a su contexto socio-económico, hace con que las edificaciones sigan estándares menos exigentes que los europeos, por ejemplo, facilitando que la construcción popular sea de baja calidad.
- 3- Existe una limitación de los órganos de ayuda humanitaria cuanto a una estandarización de sus “normas”, puesto que, al ser órganos que actúan en nivel global, sus guías sirven en la misma escala. Sin embargo, lo que se ve, son recomendaciones (sobre la temática, ayuda, acampamento, edificaciones, transporte, logística, etc) que no pueden ser aplicadas con la misma calidad y eficiencia a todas las localidades necesitadas de ayuda, por distintas variables relacionadas al desastre ocurrido, situación política, clima, cultura del local, etc.
- 4- Las recomendaciones que hacen UNHCR y Sphere para edificaciones emergenciales en localidades de clima cálido, hacen con que el desarrollo de este tipo de edificación sea más simple para países como Brasil, y consecuentemente, más viable.
- 5- Es posible que el uso de un material alternativo como el cartón, no fuese tan viable en comparación a otros materiales tradicionales en localidades de clima frío, debido a normativas que regulan la estabilidad, estanqueidad del aire, renovación del aire o aislamiento de las edificaciones.
- 6- La humedad es probablemente, el mayor problema al que se enfrenta el cartón como material constructivo, debido a sus altos índices de absorción, haciendo con que su uso en edificaciones convencionales (definitivas) sea cuestionable.
- 7- La realidad a la que el módulo propuesto en este trabajo sería expuesto es muy diferente a la que las edificaciones de Shigeru Ban lo están, cuyo método y especificaciones han referencia para las investigaciones que se tomaron como guía técnico para este trabajo. Los esfuerzos a los que los tubos de cartón están sujetos son muy inferiores a los que el arquitecto japonés propone para sus edificaciones, así como el tiempo de funcionamiento y uso.

- 8- A pesar de la falta de literatura y normativa técnica acerca del cartón como recurso constructivo, es evidente, a partir de investigaciones y obras existentes (especialmente de Shigeru Ban), que es técnica, económica y ambientalmente viable construir con dicho material, más todavía cuando se tratan de edificaciones de carácter temporal.
- 9- El uso del módulo propuesto en este trabajo en espacios exteriores puede ser cuestionable debido al rendimiento del material ante la humedad y lluvias (el periodo donde más ocurren desastres en el país es el de fuertes precipitaciones, vientos y tormentas).
- 10- Se puede decir que la edificación emergencial propuesta en este trabajo sigue los principios del ecodiseño que menciona Caldas, 2018.: facilidad para la obtención de materiales, utilización de recursos reutilizados o reciclados, bajo coste, propone una solución para un problema existente, fácil montaje y desmontaje, fácil transporte, capacidad de reciclaje al fin de su vida útil y durabilidad adecuada para el uso propuesto.
- 11- Como principales ventajas del modelo desarrollado, se pueden destacar:
  - Para el uso propuesto, el montaje es sencillo y autodidacta, facilitando la participación de la población afectada en el proceso constructivo, recomendado por UNHCR y Sphere.
  - Es un modelo viable cuanto a criterios ambientales (reciclaje, producción, transporte, disponibilidad de los recursos, etc.).
  - El formato y dimensiones propuestos (recomendados por UNHCR y Sphere en sus respectivos documentos) parecen adecuados, ante las circunstancias, aportando intimidad y privacidad a las víctimas.
  - La posibilidad de ampliación de espacio a partir de la unión de dos módulos es una ventaja al tratarse de un país con altos índices de natalidad y familias numerosas entre la población de clase baja, aportando unidad familiar a las víctimas en el momento posterior al desastre.
  - El método constructivo y el material propuesto, permiten la sustitución de piezas, caso haya la necesidad, sin mayores inconvenientes.

# 7. FUTURAS LÍNEAS INVESTIGATIVAS

## 7. FUTURAS LÍNEAS INVESTIGATIVAS

- 1- Averiguar el comportamiento preciso y resistencias del cartón en las dimensiones (alturas y diámetros) utilizadas en el modelo propuesto, así como los esfuerzos a los que estaría expuesta la edificación, peso y vida útil de la misma.
- 2- Averiguar métodos y componentes que aumenten la resistencia del cartón ante la humedad. Resinas y tratamientos pueden ser soluciones viables, especialmente cuando el objetivo sea el uso temporal del material, aunque dicha solución comprometa un posterior reciclaje.
- 3- Determinar un tiempo medio necesario en los procesos de montaje y desmontaje del modelo.
- 4- Dentro del modelo propuesto, investigar soluciones que potencialicen la ventilación natural dentro del abrigo, recomendable para climas cálidos.
- 5- Desarrollar un nuevo sistema que posibilite un uso seguro de la edificación en ambientes exteriores expuestos a intemperies, con lonas para aleros y suelos más pronunciadas, evitando cualquier tipo de contacto del cartón con el agua.
- 6- Desarrollar un nuevo modelo, o variación del modelo presentado en este trabajo, que tenga validez para las particularidades climáticas del sur brasileño (clima subtropical), expuesto a temperaturas más bajas que las del resto del país.
- 7- Investigar acerca del comportamiento térmico de cartón para cuestionar posibles usos del material para climas fríos.
- 8- Investigar acerca de los modelos de producción, y ver hasta qué punto es viable fabricar el material necesario para los abrigos propuestos en este trabajo, sin que este se deteriore mientras permanezca almacenado en galpones, a espera de ser utilizado.

# 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

## 8 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

ABRAMAT, 2005. Abramam quer desoneração dos materiais de construção para a habitação popular. En NASCIMENTO, D., 2011. *Estado e Capital imobiliário: convergências atuais na produção do espaço urbano brasileiro*. São Paulo: Editora Arte. [consulta: marzo, 2019] Disponible en: <http://observatoriodasmetropoles.net.br/wp/estado-e-capital-imobiliario-convergencias-na-producao-do-espaco-urbano/>

ALESSI, G., 2019. Três anos depois, vítimas de Mariana ainda esperam ter casas reconstruídas [sitio web]. São Paulo: El País Brasil [consulta: abril 2019] Disponible en: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/25/politica/1548443780\\_104893.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/25/politica/1548443780_104893.html)

ANDERS, G., 2007. Abrigos Temporários de Caráter Emergencial [trabajo fin de máster en línea]. VENTURA, A., orientador. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo [Consulta: abril 2019]. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-19092007-102644/pt-br.php>

ARAUJO, B., 2017. Abrigo Emergencial Temporário: Arquitetura efêmera para situações emergenciais no Brasil [trabajo de fin de grado en línea]. PEDROSA, G., tutor. São Paulo: Centro Universitario SENAC [consulta el 23 diciembre 2018]. Disponible en: [https://issuu.com/senacbau2013\\_2017/docs/tcc\\_-\\_beatriz\\_de\\_araujo](https://issuu.com/senacbau2013_2017/docs/tcc_-_beatriz_de_araujo)

AYAN, O., 2009. Cardboard in architectural technology and structural engineering : a conceptual approach to cardboard buildings in architecture [trabajo fin de doctorado en línea]. Zúrich, Instituto Federal de Tecnología de Zúrich. [consulta: abril, 2019]. Disponible en: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/151987>

BABISTER, E. y KELMAN, I., 2002. The emergency Shelter process with application to case studies in Macedonia and Afghanistan. En ANDERS, G., 2007. Abrigos Temporários de Caráter Emergencial [trabajo fin de máster en línea]. VENTURA, A., orientador. Brasil: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo [Consulta: abril 2019]. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-19092007-102644/pt-br.php>

BRASIL, 2013. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres. En UFSC, 2013. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 A 2012. [en línea] Santa Catarina, Volumen Brasil, 2 edición. [consulta: mayo 2019] CDU 912. Disponible en: <http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>

BARBOSA, V., 2016. Quanto lixo os brasileiros geram por dia em cada estado [sitio web]. Brasil: Exame [consulta: mayo 2019]. Disponible en: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/quanto-lixo-os-brasileiros-geram-por-dia-em-cada-estado/>.

CALDAS, L., 2018. Papelão e ecodesign: desenvolvimento de um fechamento vertical. [en línea] Revista Mix Sustentavel, Florianópolis, Volumen 4, n1, marzo 2018, pp 49-56. [consulta: abril, 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/324932766\\_PAPELAO\\_E\\_ECDESIGN\\_DESENVOLVIMENTO\\_DE\\_UM\\_FECHAMENTO\\_VERTICAL](https://www.researchgate.net/publication/324932766_PAPELAO_E_ECDESIGN_DESENVOLVIMENTO_DE_UM_FECHAMENTO_VERTICAL)



CARDOSO, A. L., 2008. Assentamentos precários no Brasil: discutindo conceitos. En DUTRA, R. C., 2011. Indicadores de vulnerabilidade: no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento [trabajo fin de pos grado em línea]. CORDINI, J., orientador. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico [Consulta: marzo, 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94975>.

CARLOS y LEMOS, 2003. Dilemas urbanos: novas abordagens sobre a cidade. En DUTRA, R. C., 2011. Indicadores de vulnerabilidade: no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento [trabajo fin de pos grado em línea]. CORDINI, J., orientador. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico [Consulta: marzo, 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94975>.

CERQUEIRA, N., MONTEIRO, S. y AZEVEDO, A., 2017. Caracterização das propriedades mecânicas de tubetes de papelão para construção de abrigos emergenciais. En 70º Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro, 2015, pp. 2494 – 2497. ISSN: 1516-392X. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320115491\\_CARACTERIZACAO\\_DAS\\_PROPRIEDADES\\_MECANICAS\\_DE\\_TUBETES\\_DE\\_PAPELÃO\\_PARA\\_CONSTRUCAO\\_DE\\_ABRIGOS\\_EMERGENCIAIS](https://www.researchgate.net/publication/320115491_CARACTERIZACAO_DAS_PROPRIEDADES_MECANICAS_DE_TUBETES_DE_PAPELÃO_PARA_CONSTRUCAO_DE_ABRIGOS_EMERGENCIAIS)

COELHO, H., 2019. Desabrigados de Brumadinho dizem temer que fiquem 'esquecidos' e relembram Mariana [sitio web]. Minas Geras: G1 MG [consulta: abril, 2019] Disponible en: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/27/desabrigados-de-brumadinho-dizem-temer-que-fiquem-esquecidos-e-relembram-mariana.ghtml>

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL, 2001. Coordenador Operacional de Emergência – Guia Prático. En ANDERS, G., 2007. Abrigos Temporários de Caráter Emergencial [trabajo fin de máster en línea]. VENTURA, A., orientador. Brasil: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo [Consulta: abril 2019]. Disponible en <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-19092007-102644/pt-br.php>

DIETZSCH, A., 2014. Arquitecta cria abrigo dobrável de papelão para moradores de rua [sitio web] São Paulo: Catraca Livre [consulta: mayo de 2019] Disponible en: <https://catracalivre.com.br/cidadania/arquitecta-cria-abrigo-dobavel-de-papelao-para-moradores-de-rua/>

DUTRA, R. C., 2011. Indicadores de vulnerabilidade: no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento [trabajo fin de pos grado em línea]. CORDINI, J., orientador. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico [Consulta: marzo, 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94975>.

EM, 2019. Desabrigados de Brumadinho passam noite em hotéis.[sitio web] EM Minas Gerais [consulta: mayo de 2019]. Disponible en: [https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2019/01/26/interna\\_nacional,1024740/desabrigados-em-brumadinho-passam-a-noite-em-hotéis.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2019/01/26/interna_nacional,1024740/desabrigados-em-brumadinho-passam-a-noite-em-hotéis.shtml)

EXPERIMENTA, 2011. Shigeru Ban, arquitectura de papel para la catástrofe de Japón [sitio web] Madrid [Consulta: mayo 2019] Disponible en: <http://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuitectura-2827/>

FARIA, C., 2011. Deslizamento de terra [sitio web]. Brasil: InfoEscola [consulta: diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.infoescola.com/geologia/deslizamento-de-terra/>.

FERES, G., 2014. Habitação emergencial e temporária. Estudo de determinantes para o projeto de abrigos [trabajo fin de máster en línea]. MEDRANO, L., orientador. Brasil: Universidad Estadual de Campinas, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo [Consulta: mayo 2019]. Disponible en: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258066/1/Feres\\_GiovanaSavietto\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258066/1/Feres_GiovanaSavietto_M.pdf)

FERNANDES, V. y MARTENDAL, C., 2018. O contrastante cenário da reciclagem no Brasil [sitio web]. Brasil: Engenheiro de Materiais [consulta: mayo 2019]. Disponible en: <http://engenheirodemateriais.com.br/2018/04/17/o-contrastante-cenario-da-reciclagem-no-brasil/>.

FERRARI, A., da SILVA, V., VIZINONI, A., y de SANTI, M., 2016. Proposta de abrigo temporário emergencial para o Brasil. Revista technoEng [en línea]. Ponta Grossa- Paraná, volumen 1, n13, [consulta: abril, 2019] ISSN: 2358-2669. Disponible en: <http://www.faculdadespontagrossa.com.br/revistas/index.php/technoeng/article/view/181/159>

FIGUEIREDO, F., 2012. O desenvolvimento da indústria da reciclagem dos materiais no Brasil: motivação econômica ou benefício ambiental conseguido com a atividade? *Revista Eletrônica de Geografia y*

*Ciencias Sociales* [en línea]. Barcelona: Scripta Nova. Universidad de Barcelona. 2012, Vol. 16, no. 387 [consulta: 26 novembro 2018]. ISSN: 1138-9788. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-387.htm>

G1 BA, 2015. Desabamentos após chuvas deixam mortos em Salvador [sitio web]. Bahia: G1 BA [Consulta: abril 2019]. Disponible en <http://g1.globo.com/bahia/noticia/2015/04/crianca-morre-apos-desabamento-na-regiao-da-san-martin-em-salvador.html>

G1 BA, 2018. Deslizamentos de Terra em Salvador: história e ação do homem explicam ocorrências [sitio web]. Bahia: G1 BA [Consulta: diciembre 2018]. Disponible en <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/deslizamentos-de-terra-em-salvador-historia-e-acao-do-homem-explicam-ocorrencias.ghtml>

G1 MG, 2015. Desabrigados em Mariana estão sendo levados para ginásio [sitio web] Minas Gerais: G1 MG [consulta: mayo de 2019] Disponible en: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/desabrigados-em-mariana-devem-ir-para-ginasio-diz-prefeitura.html>

G1 RJ, 2011. Chuva na Região Serrana é maior tragédia climática da história do país [sitio web] Rio de Janeiro: G1 RJ [consulta: abril, 2019] Disponible en: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/chuva-na-regiao-serrana-e-maior-tragedia-climatica-da-historia-do-pais.html>

G1 ZONA DA MATA, 2013. Chuva provoca deslizamento de terra e desabriga famílias em Juiz de Fora [sitio web]. Zona da Mata: G1 Zona da Mata [Consulta: abril 2019]. Disponible en: <http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2013/12/chuva-provoca-deslizamento-de-terra-e-desabriga-familias-em-juiz-de-fora.html>

GALDO, R., 2011. Rio é a cidade com maior população em favelas do Brasil [web]. Rio de Janeiro: O Globo [consulta: marzo, 2019]. Disponible en: <https://oglobo.globo.com/brasil/rio-a-cidade-com-maior-populacao-em-favelas-do-brasil-3489272>

GAMARRA, S., 2015. Construcción alternativa III. Construcción low-cost. Reciclar y construir con el desecho. Otras oportunidades para los materiales de reciclado y nuevos usos para los materiales convencionales [trabajo fin de grado en línea]. SANDOVAL, F., tutor. Valladolid, Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura [Consulta: marzo 2019]. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/14068>

GEVIC, n.d. Climatología de Canarias [sitio web]. España [consulta: mayo 2019] Disponible en: [https://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar\\_contenidos.php?idcat=22&idcap=92&idcon=532](https://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar_contenidos.php?idcat=22&idcap=92&idcon=532)

HAIDAR, D., SANTOS, A., 2018. 14 pessoas morrem em deslizamento em Niterói; buscas seguem [sitio web]. Rio de Janeiro: G1 Rio [Consulta: abril, 2019]. Disponible en: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/11/10/bombeiros-fazem-resgate-em-desabamento-em-niteroi-rj.ghtml>

IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos Demográficos 1940 a 2010. En MONTEIRO, A. y VERAS, A., 2009. A questão habitacional no Brasil. Revista Mercator [en línea]. Fortaleza, Ceará. 2017, Vol. 16, e16015 [consulta: abril, 2019] ISSN: 1984-2201. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yJx-jBeSYgsJ:www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1609/741+%&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=es>

IBGE, 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. En UFSC, 2013. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 A 2012. [en línea] Santa Catarina, Volumen Brasil, 2 edición. [consulta: mayo 2019] CDU 912. Disponible en: <http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>

IMPRESUM, 2015. Papel Kraft, mucho más que un papel para embalar [sitio web] [consulta en mayo de 2019] Disponible en: <https://www.impresum.es/blog/papel-kraft/>

INMET, n.d. Instituto Nacional de Meteorologia [Sitio web] Brasil [consulta: mayo 2019] Disponible en: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, 2018 Reutilização e reciclagem de papel e papelão [sitio web]. Brasil: CAPE [consulta: mayo 2019]. Disponible en: <https://centrocape.org.br/destaques/index/manual-residuos-de-papel-e-papelao>

KRONENBURG, R. 1995. Houses in Motion: The genesis, history and development of the portable building. Gran Bretaña: Academy Editions. 144 p. ISBN: 1-85490-395-0

LACERDA, M., 2006. A fabricação dos tubos de papelão. En SALADO, G., 2006. Construído com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por SHIGERU BAN [tesis de maestría en línea] SICHIERI, E., tutor. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos [Consulta: marzo 2019]. Disponible en: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao_Definitivo.pdf)

LAMBERTS, R., DUTRA, L., y PEREIRA, F., 1997. Eficiência energética nas edificações. São Paulo: PW Editores. 188 p. Disponible en: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>

LIZARRALDE, G.; JOHNSON, C.; DAVIDSON, C., 2010. Rebuilding After Disasters: From Emergency to Sustainability. En FERES, G., 2014. Habitação emergencial e temporária. Estudo de determinantes para o projeto de abrigos [trabajo fin de máster en línea]. MEDRANO, L., orientador. Brasil: Universidad Estadual de Campinas, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo [Consulta: mayo 2019]. Disponible en: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258066/1/Feres\\_GiovanaSavietto\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258066/1/Feres_GiovanaSavietto_M.pdf)

MCQUAID, M., 2003. Shigeru Ban. En SALADO, G. y SICHIERI, E., 2010. Sistemas Construtivos Compostos por Tubos De papelão. [en línea]. São Paulo, Universidade de São Paulo. [Consulta: marzo 2019] Disponible en: <https://www.usp.br/nutau/CD/63.pdf>

MNCMR, 2016. O que é o Movimento? [sitio web]. São Paulo: MNCR Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis [consulta: 26 novembro 2018]. Disponible en: <http://www.mncr.org.br/>.

MONTEIRO, A. y VERAS, A., 2009. A questão habitacional no Brasil. Revista Mercator [en línea]. Fortaleza, Ceará. 2017, Vol. 16, e16015 [consulta: abril, 2019] ISSN: 1984-2201. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yJx-jBeSYgJ:www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1609/741+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=es>

NASCIMENTO, D., 2011. Estado e Capital imobiliário: convergências atuais na produção do espaço urbano brasileiro. São Paulo: Editora Arte. [consulta: marzo, 2019] Disponible en: <http://observatoriodasmetropoles.net.br/wp/estado-e-capital-imobiliario-convergencias-na-producao-do-espaco-urbano/>

PINHEIRO, P., 2004. A fabricação de papel Kraft. En SALADO, G., 2006. Construído com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por SHIGERU BAN [tesis de maestría en línea] SICHIERI, E., tutor. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos [Consulta: marzo 2019]. Disponible en: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao\\_Definitivo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao_Definitivo.pdf)

QUEIROZ FILHO, A. 2015. As definições de assentamentos precários e favelas e suas implicações nos dados populacionais: abordagem da análise de conteúdo. Revista Brasileira de Gestão Urbana [en línea]. São Paulo, volumen 7, n3, [consulta: abril, 2019] ISSN: 2175-3369. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283202832\\_As\\_definicoes\\_de\\_assentamentos\\_precarios\\_e\\_favelas\\_e\\_suas\\_implicacoes\\_nos\\_dados\\_populacionais\\_abordagem\\_da\\_analise\\_de\\_conteudo](https://www.researchgate.net/publication/283202832_As_definicoes_de_assentamentos_precarios_e_favelas_e_suas_implicacoes_nos_dados_populacionais_abordagem_da_analise_de_conteudo)

RECICLOTECA, n.d. Papel: história, composição, tipos, produção e reciclagem [sitio web]. Brasil: ecomarapendi [Consulta: mayo de 2019] Disponible en: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavelpapel/>

ROLNIK, 1999. A cidade e a lei. En DUTRA, R. C., 2011. Indicadores de vulnerabilidade: no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento [trabajo fin de pos grado en línea]. CORDINI, J., orientador. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico [Consulta: marzo, 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94975>.

SALADO, G., 2006. Construído com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por SHIGERU BAN [tesis de maestría en línea] SICHIERI, E., tutor. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos [Consulta: marzo 2019]. Disponible en: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao\\_Definitivo.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006-154315/publico/dissertacao_Definitivo.pdf)

SALADO, G. y SICHIERI, E., 2010. Sistemas Construtivos Compostos por Tubos De papelão. [en línea]. São Paulo, Universidade de São Paulo. [Consulta: marzo 2019] Disponible en: <https://www.usp.br/nutau/CD/63.pdf>

SANTOS, A., 2009. Tecnologia construtiva utilizando tubos de papelão [en línea]. Brasil: Universidade do Vale do Paraíba – Encontro Latino Americano de Iniciação Científica [consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/0464\\_0286\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0464_0286_01.pdf).

SANTOS, J., 2009. A percepção dos atores sociais frente à intervenção pública: uma análise sociológica do conjunto habitacional Vargem Grande. en MONTEIRO, A. y VERAS, A., 2009. A questão habitacional no Brasil. Revista Mercator [en línea]. Fortaleza, Ceará. 2017, Vol. 16, e16015 [consulta: abril, 2019] ISSN: 1984-2201. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yJx-jBeSYgsJ:www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1609/741+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=es>

SÃO CARLOS, 2006. Informações necessárias para fundamentar laudos de funcionamento ininterrupto da fábrica de papel. En SALADO, G., 2006. Construído com tubos de papelão: um estudo da tecnologia desenvolvida por SHIGERU BAN [tesis de maestrado en línea] SICHIERI, E., tutor. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos [Consulta: marzo 2019]. Disponible en: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05122006->

SILVA, S., GOES, F. y ÁLVAREZ, A., 2013. Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável [en línea]. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada [consulta: mayo 2019]. Disponible en: <http://retosalsur.org/wp-content/uploads/2013/08/Situa%C3%A7%C3%A3o-Social-das-Catadoras-e-dos-Catadores-de-Material-Recicl%C3%A1vel-e-Reutiliz%C3%A1vel-Brasil-IPEA-Diciembre-2013.pdf>

SPHERE, 2011. The Sphere Project. Humanitarian charter minimum standards in humanitarian response [carta en línea]. The Sphere Project, Tercera edición, 2011, 402 p. Northampton, Reino Unido: Belmont Press [consulta en: marzo 2019] ISBN: 978-1-908176-00-4. Disponible en: <https://www.refworld.org/docid/4ed8ae592.html>

SPHERE, n.d. The Sphere Project. About [sitio web] Reino Unido: The Sphere Association [consulta: marzo 2019] Disponible en: <https://spherestandards.org/about/>

STRAHLER, A. y STRAHLER, A., 1997. Geografía Física. Tercera edición. Barcelona: Ediciones Omega, 550 p. ISBN: 84-282-0847-6.

UN-Habitat, 2007. State of world's cities 2006-2007. En QUEIROZ FILHO, A. 2015. As definições de assentamentos precários e favelas e suas implicações nos dados populacionais: abordagem da análise de conteúdo. Revista Brasileira de Gestão Urbana [en línea]. São Paulo, volumen 7, n3, [consulta: abril, 2019] ISSN: 2175-3369. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283202832\\_As\\_definicoes\\_de\\_assentamentos\\_precarios\\_e\\_favelas\\_e\\_suas\\_implicacoes\\_nos\\_dados\\_populacionais\\_abordagem\\_da\\_analise\\_de\\_conteudo](https://www.researchgate.net/publication/283202832_As_definicoes_de_assentamentos_precarios_e_favelas_e_suas_implicacoes_nos_dados_populacionais_abordagem_da_analise_de_conteudo)

UNHCR, 2007. The UN Refugee Agency. Handbook for Emergencies [carta en línea]. The UN Refugee Agency, Tercera edición, 2007, 595 p. Ginebra, Suíza [consulta en: marzo 2019]. Disponible en: [https://www.ifrc.org/PageFiles/95884/D.01.03.%20Handbook%20for%20Emergencies\\_UNHCR.pdf](https://www.ifrc.org/PageFiles/95884/D.01.03.%20Handbook%20for%20Emergencies_UNHCR.pdf)

UNHCR, n.d. The UN Refugee Agency. About us [sitio web] Suíza: The UN Refugee Agency [consulta: marzo 2019] Disponible en: <https://www.unhcr.org/about-us.html>

UFSC, 2013. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 A 2012. [en línea] Santa Catarina, Volumen Brasil, 2 edición. [consulta: mayo 2019] CDU 912. Disponible en: <http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>

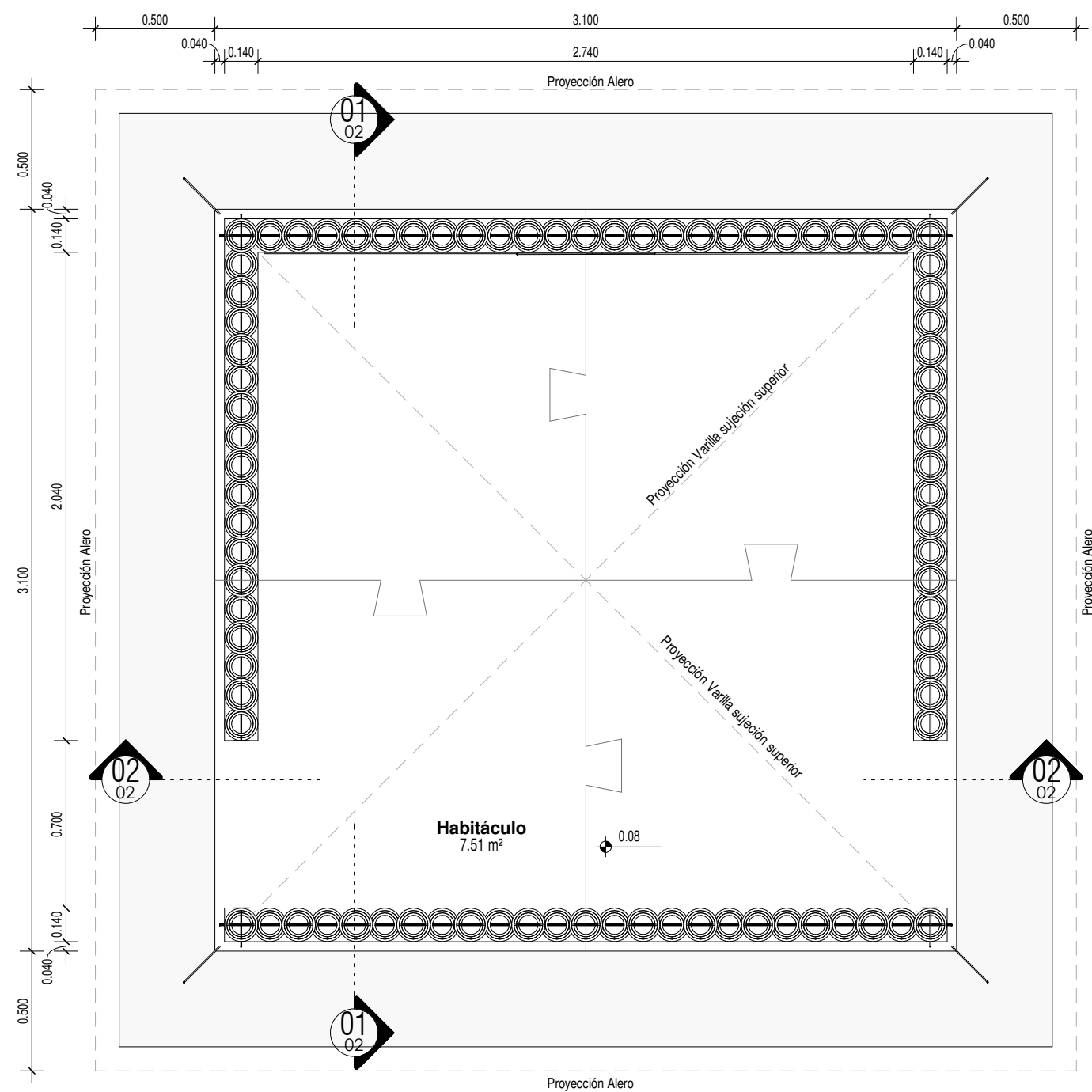
VILAS BOAS, 2018. Após alerta de deslizamento na Capelinha Cerca de 50 famílias buscaram refúgio após sirene tocar na Vila Picasso [sitio web]. Brasil: Correio 24 horas [consulta: mayo 2019]. Disponible en: <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/familias-se-abrigam-em-escola-apos-alerta-de-deslizamento-na-capelinha/>.

# 9. ANEXOS

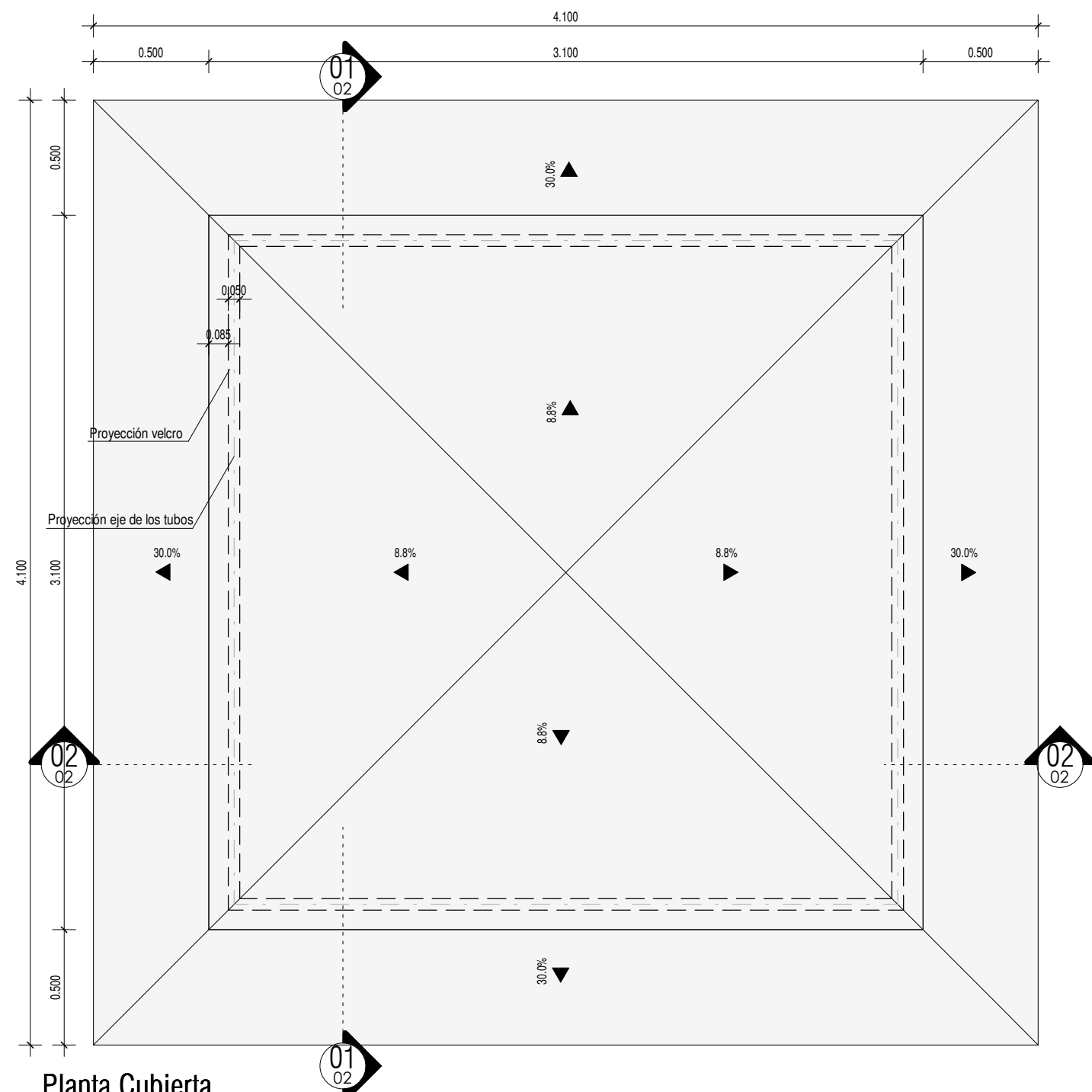
## 9. ANEXOS

El siguiente apartado está dedicado a la recogida de dibujos técnicos - plantas, secciones, detalles y alzados - elaborados por el autor en el proceso y desarrollo del modelo presentado en este trabajo.





**Planta Baja**  
ESC.: 1 : 25



**Planta Cubierta**  
ESC.: 1 : 25

**MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER** Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

**Módulo Emergencial de Cartón**  
**Planta baja y cubierta**

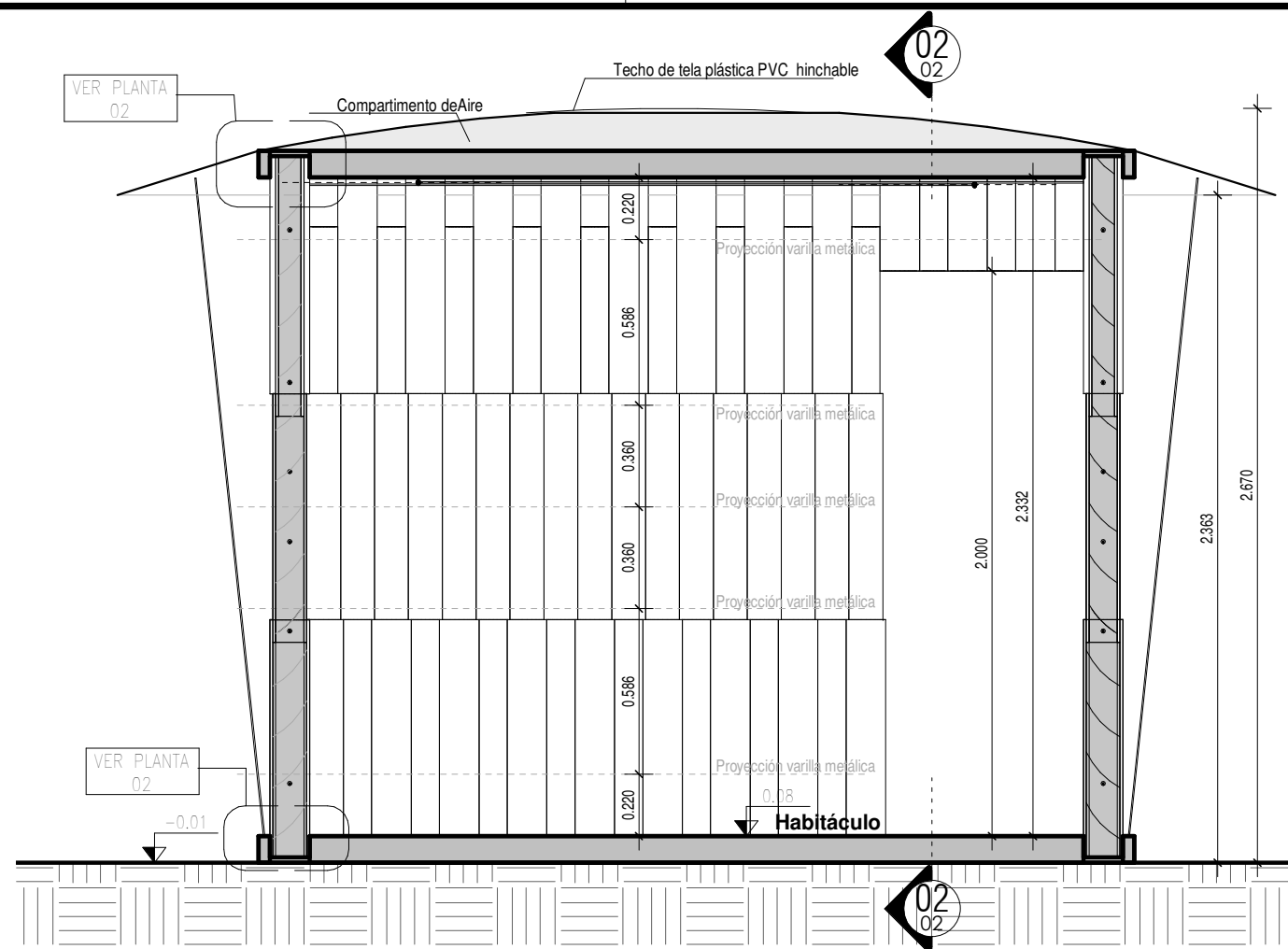
Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

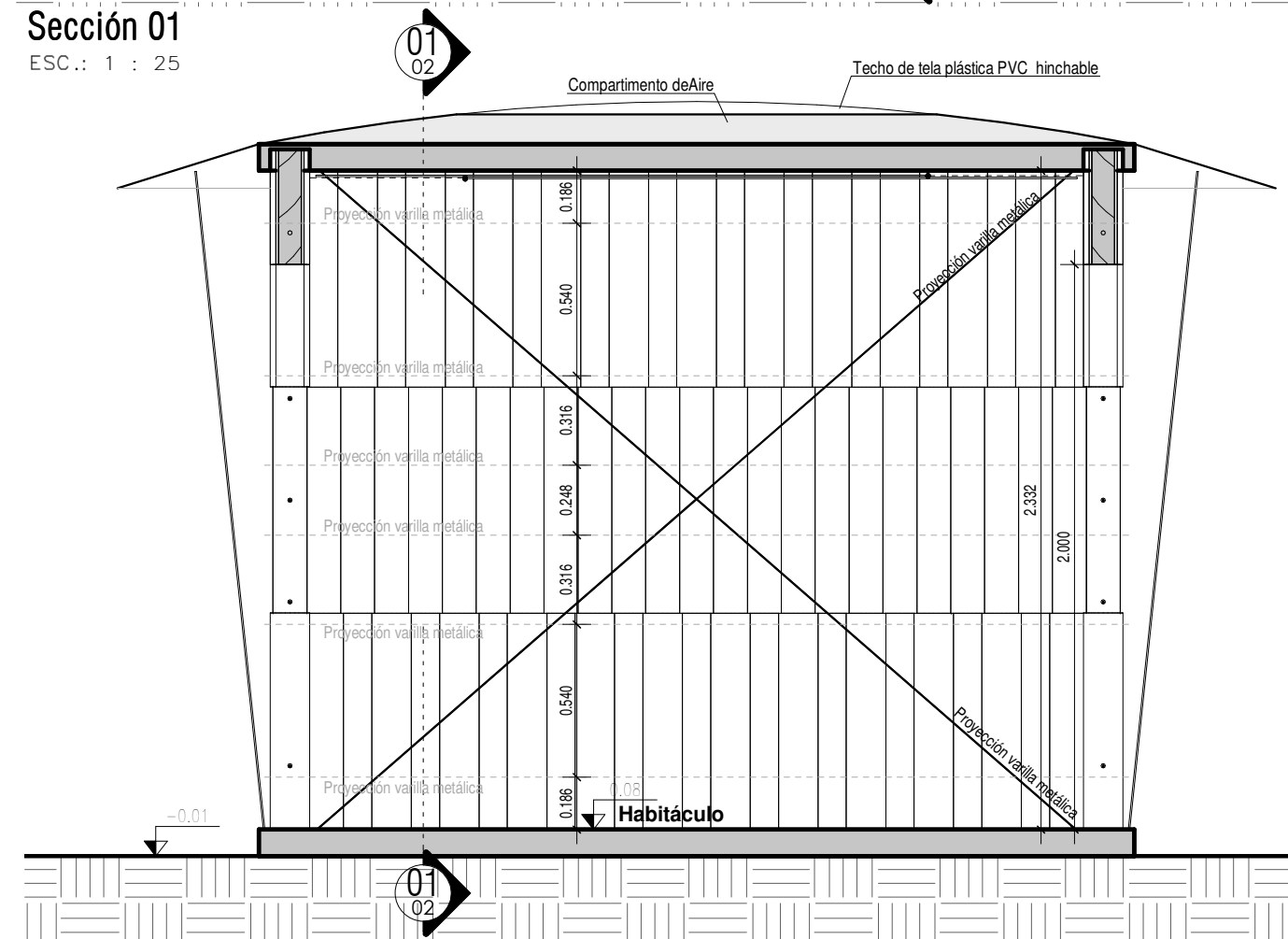
Escala:

1 : 25

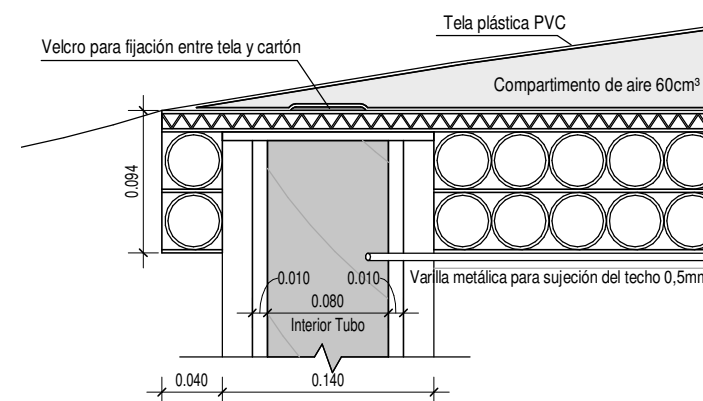
**01**



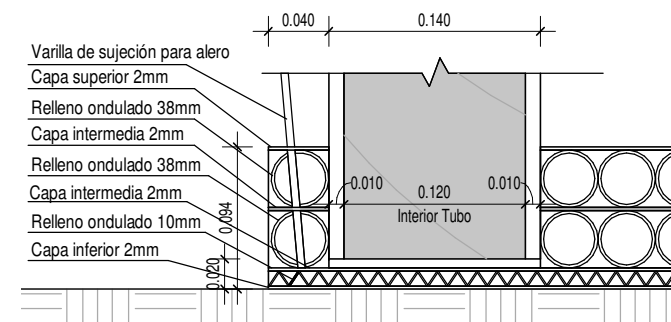
Sección 01  
ESC.: 1 : 25



Sección 02  
ESC.: 1 : 25



Detalle Encaje Techo  
ESC.: 1 : 5



Detalle Encaje Piso  
ESC.: 1 : 5

MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

Módulo Emergencial de Cartón  
Secciones 1 y 2

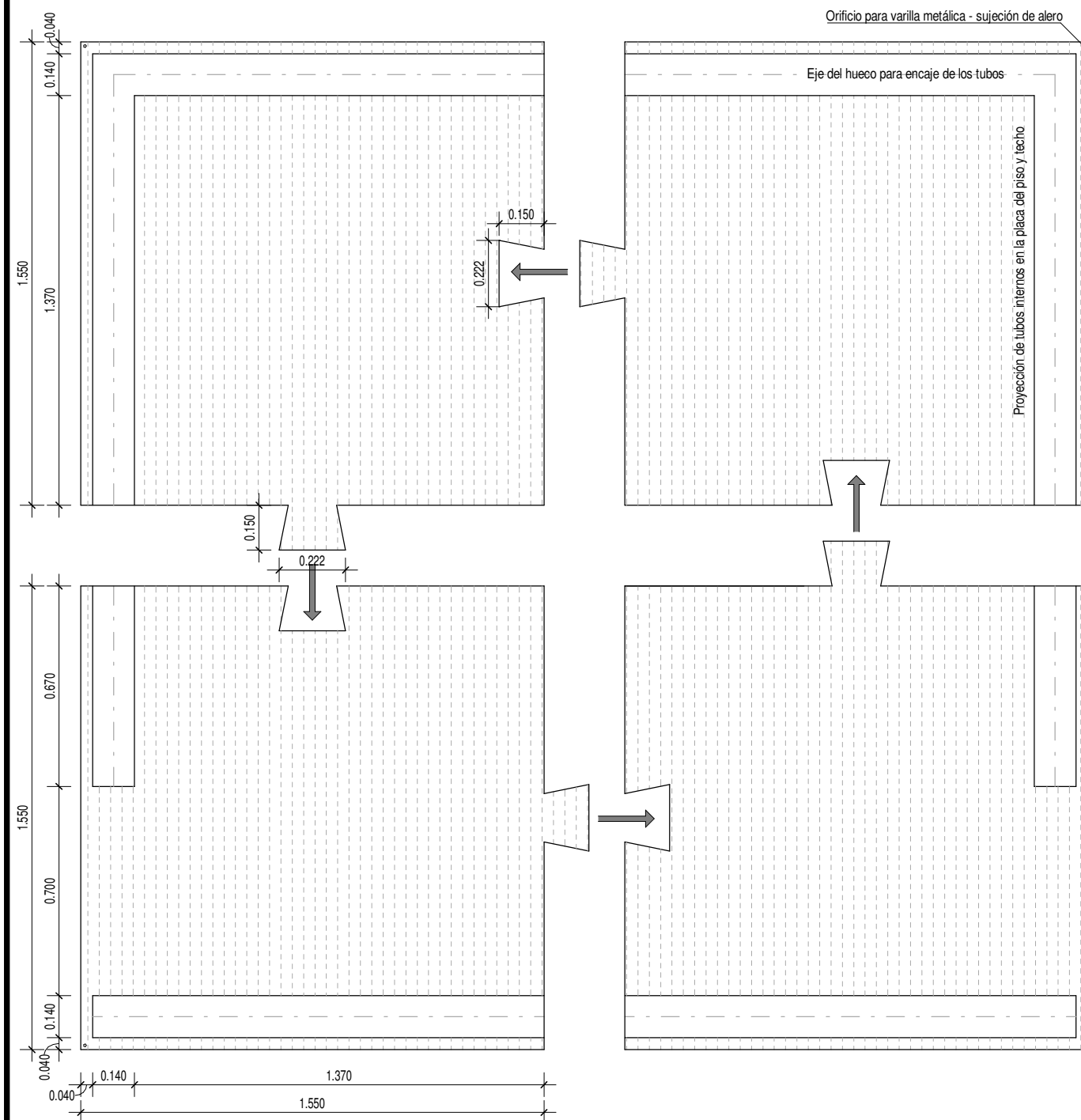
Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Escala:

As indicated

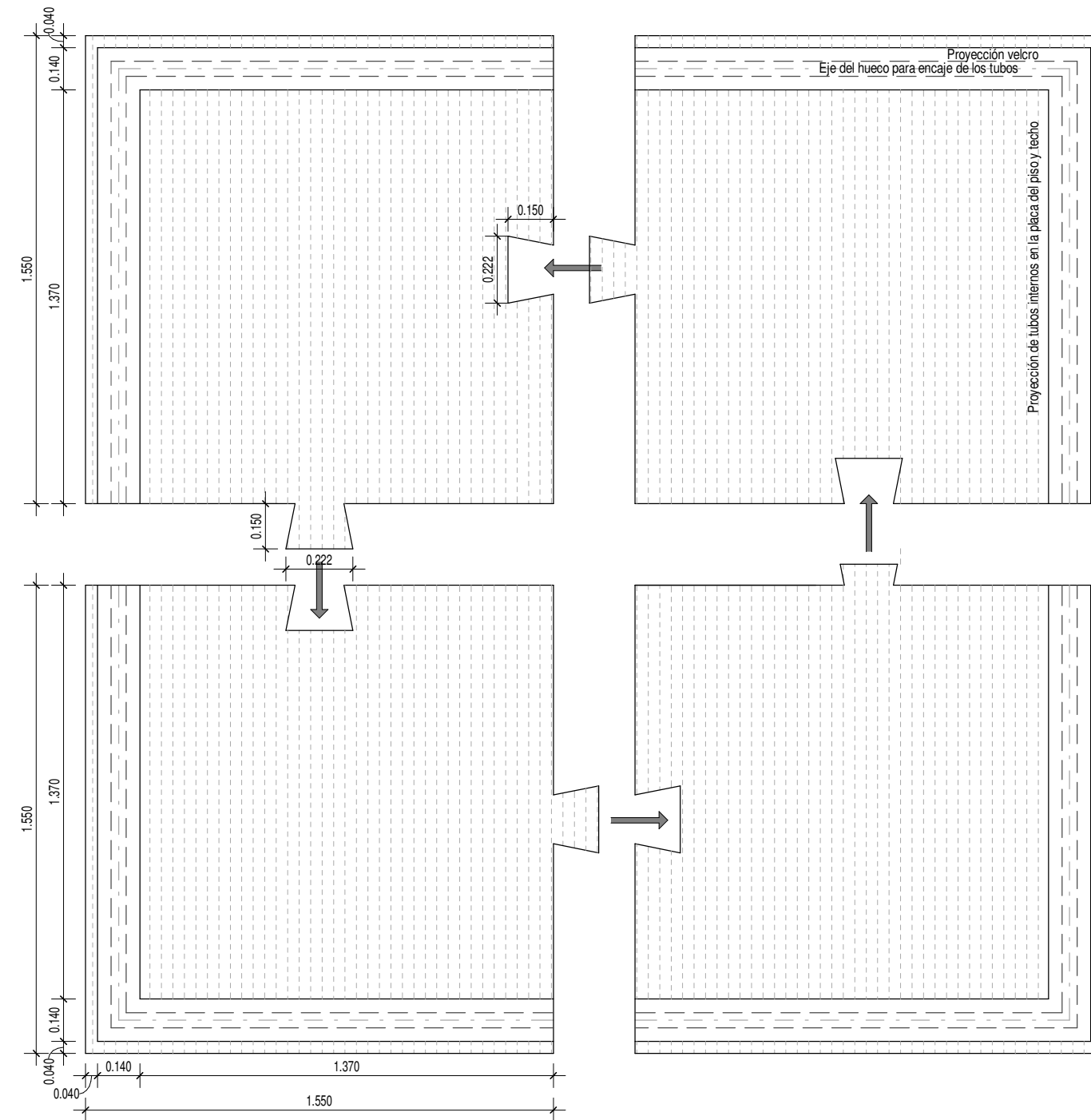
02



### Detalle Placas Piso

ESC.: 1 : 20

La conexión entre las varillas de sujeción estructural y los tubos y chapas de cartón es posibilitada a partir de orificios previamente marcados y hechos en los elementos de cartón.



### Detalle Placas Techo

ESC.: 1 : 20

MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

Módulo Emergencial de Cartón  
Detalles placas de piso y techo

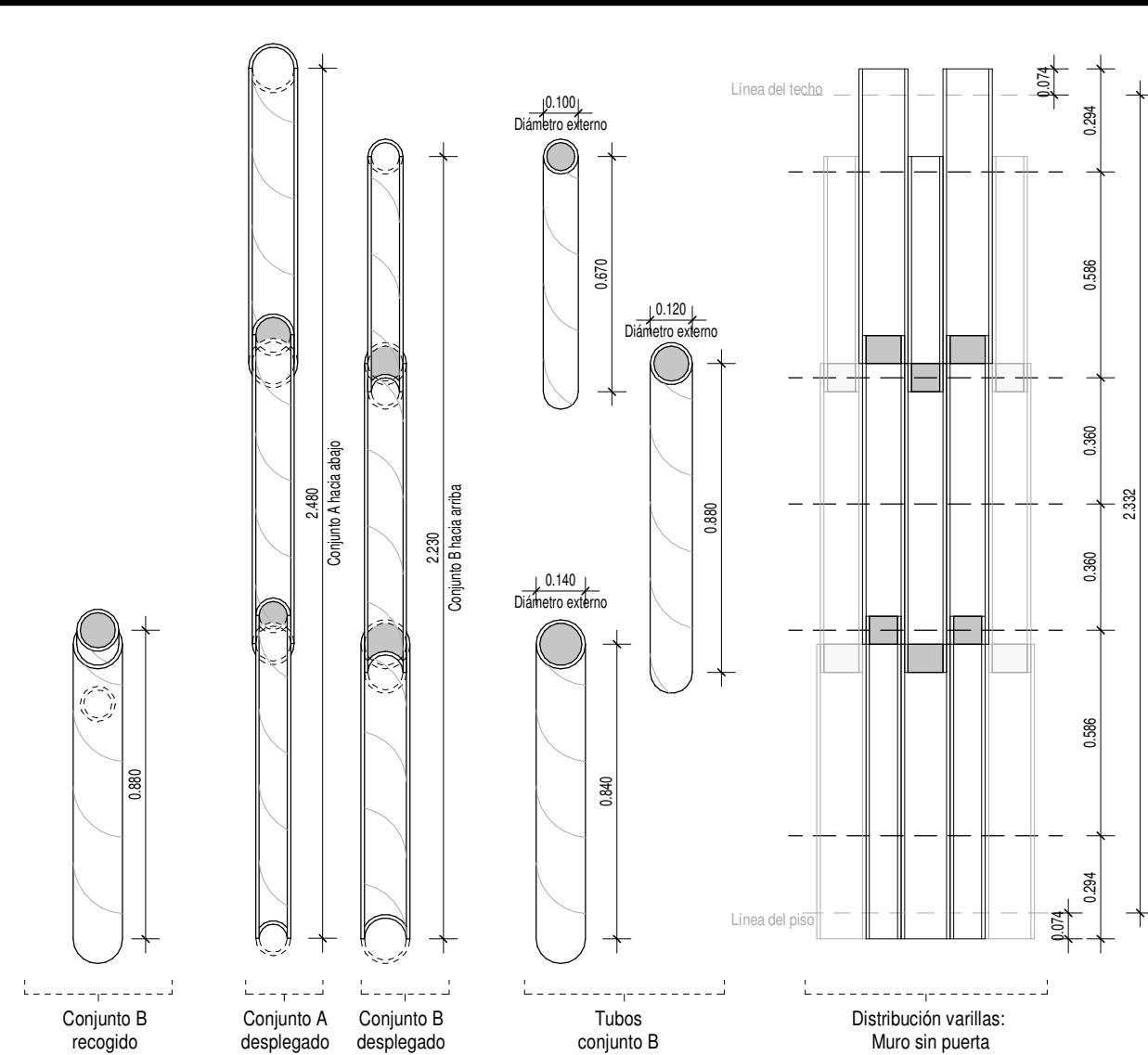
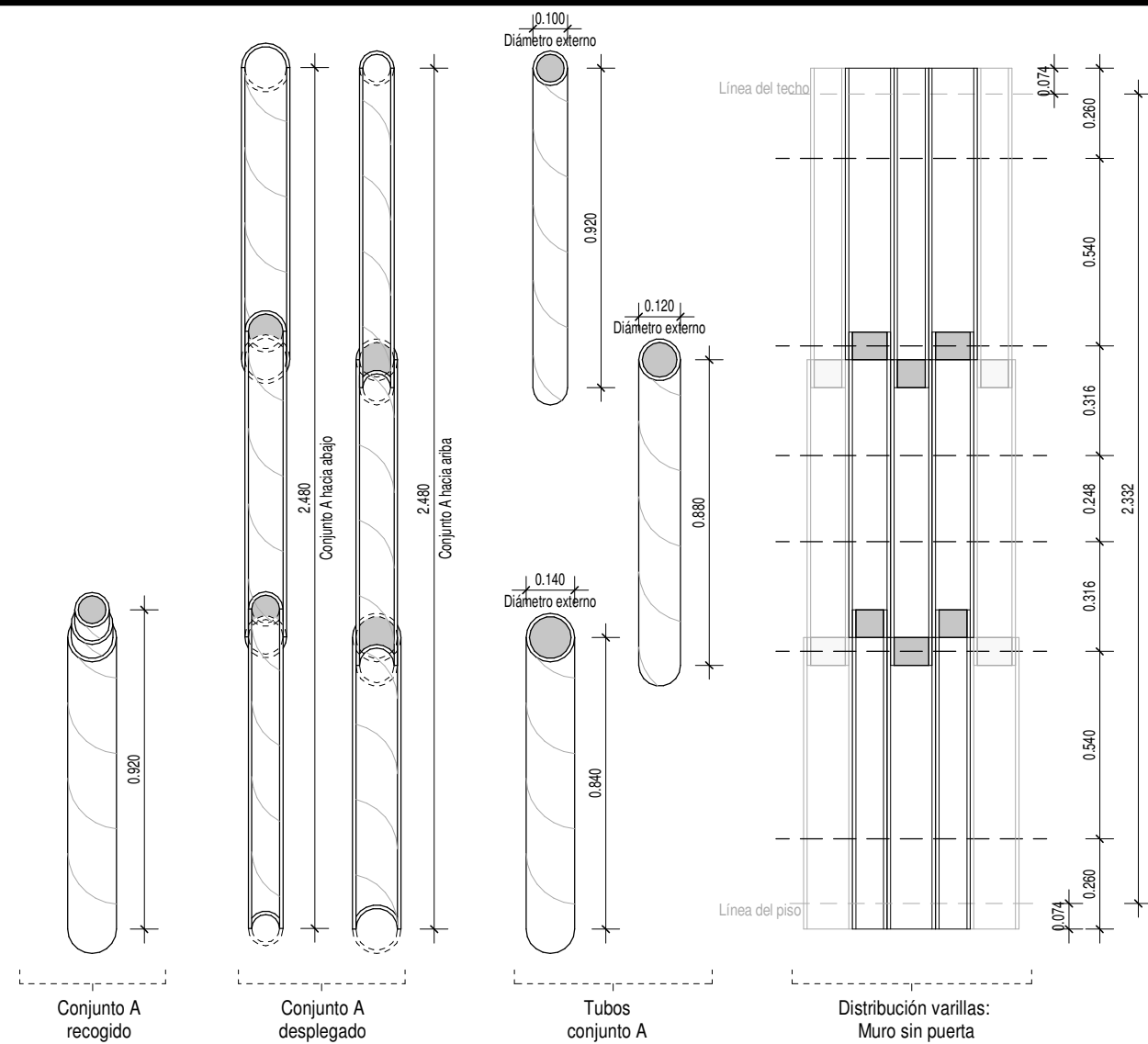
Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Escala:

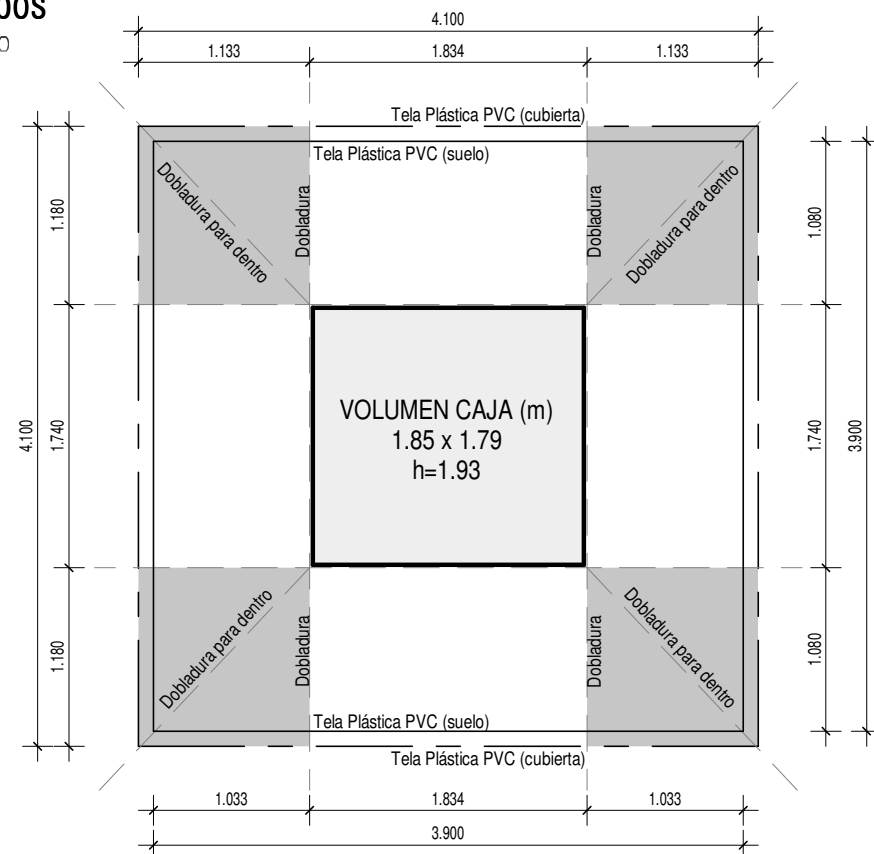
1 : 20

03



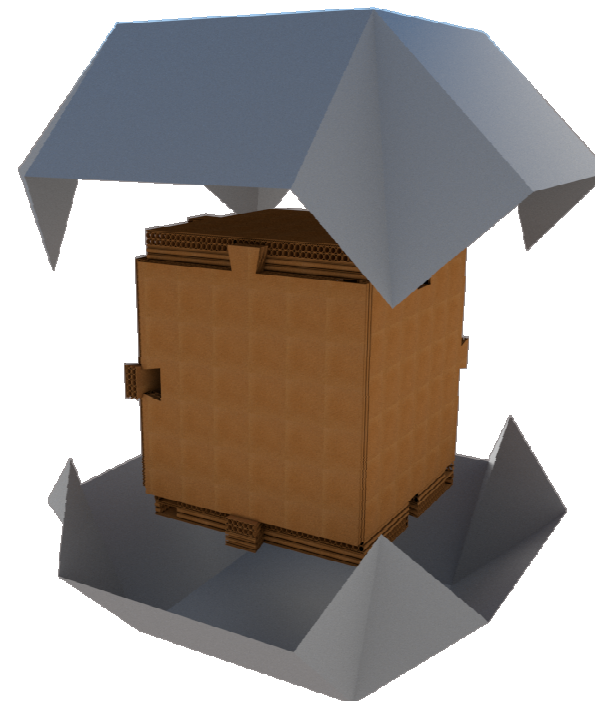
## Detalle Tubos

ESC.: 1 : 20



## Detalle caja - empaquetado

ESC.: 1 : 20



MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

Módulo Emergencial de Cartón

Detalle tubos y caja

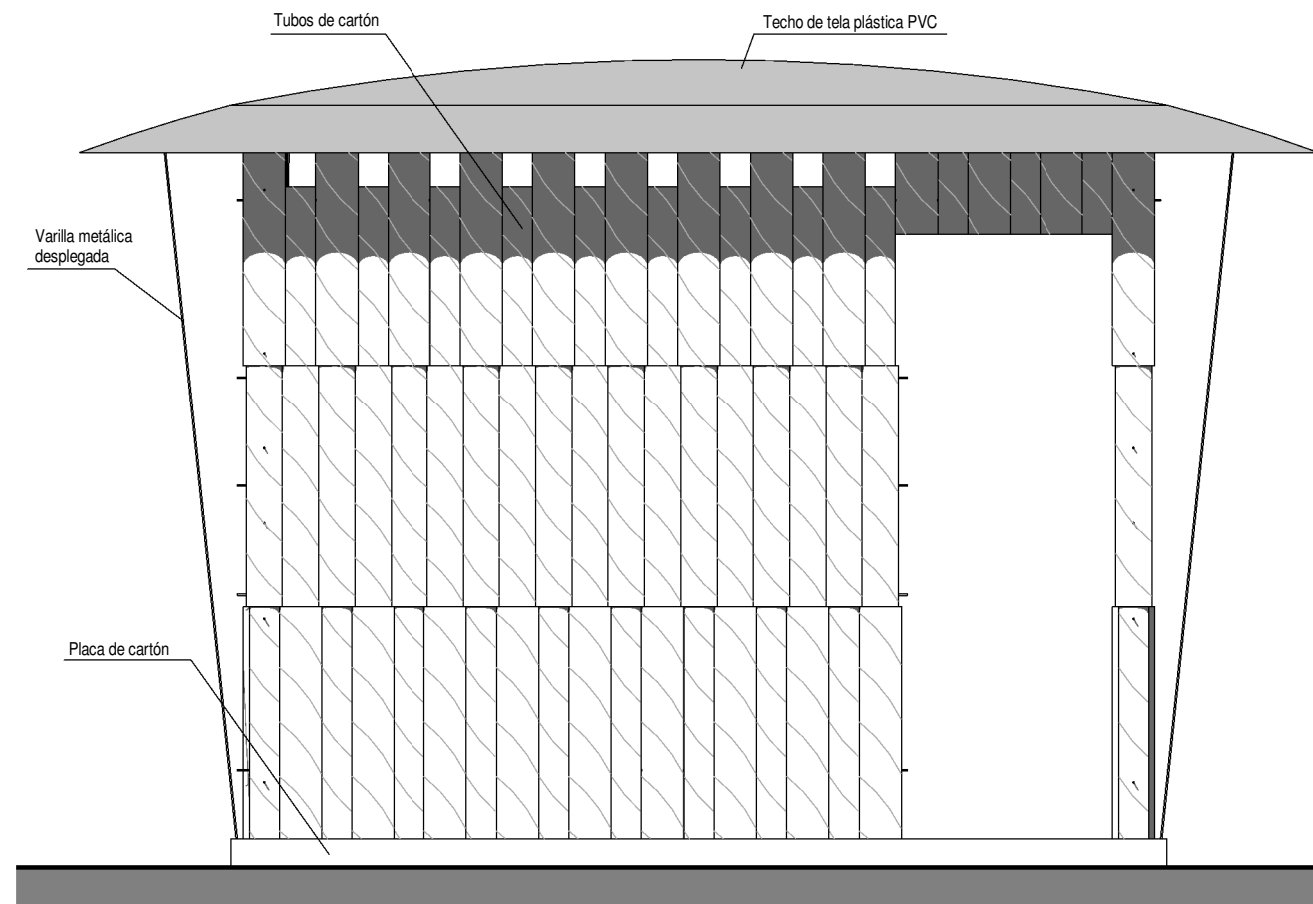
Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Escala:

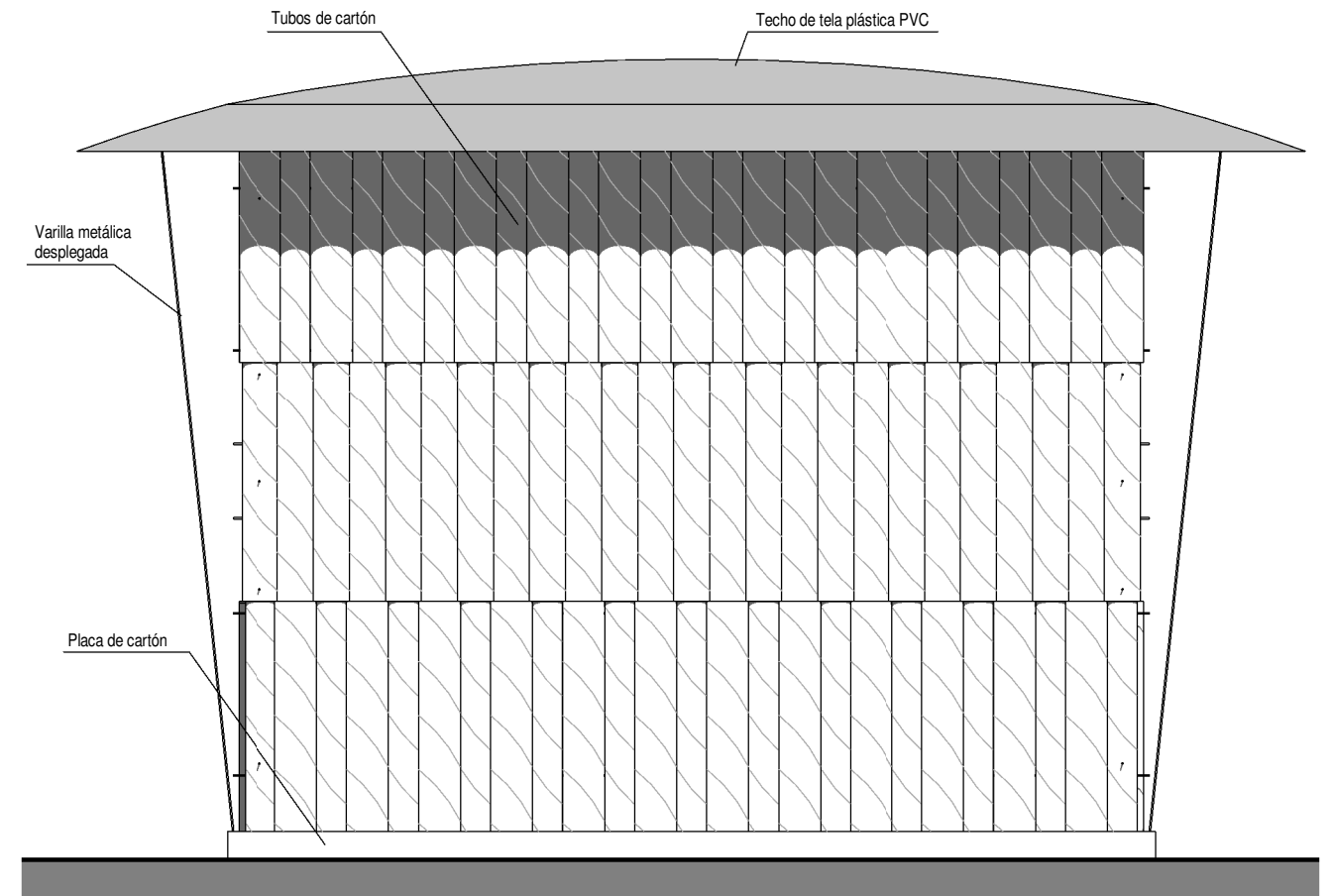
As indicated

04



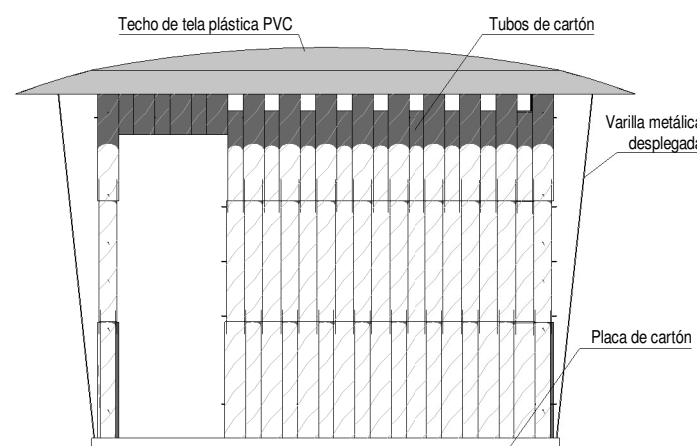
**Alzado 01**

ESC.: 1 : 25



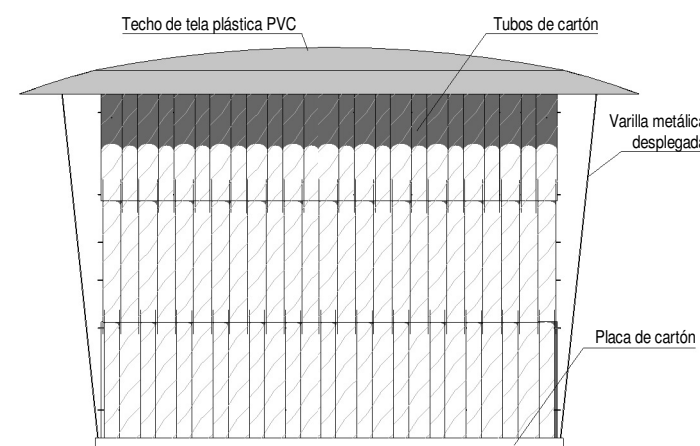
**Alzado 02**

ESC.: 1 : 25



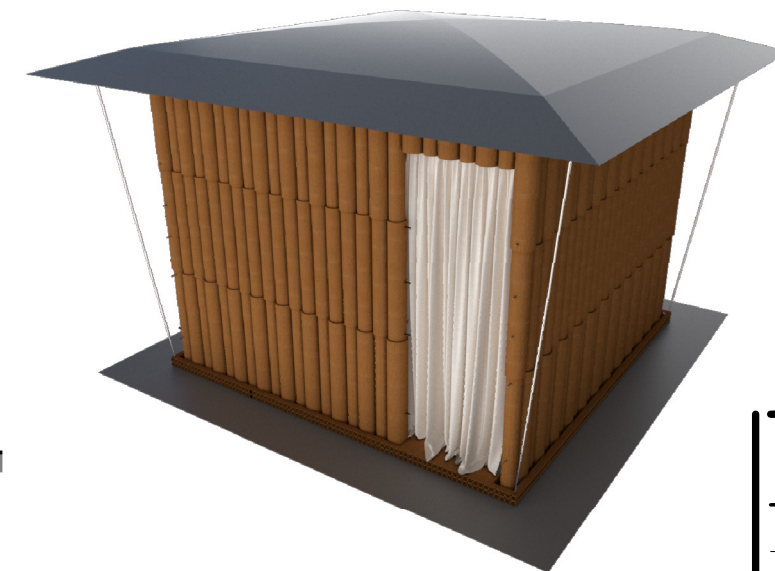
**Alzado 03**

ESC.: 1 : 50



**Alzado 04**

ESC.: 1 : 50



**MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER** Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

**Módulo Emergencial de Cartón  
Alzados y 3D**

Alumno: Cándido PAZOS de ANDRADE

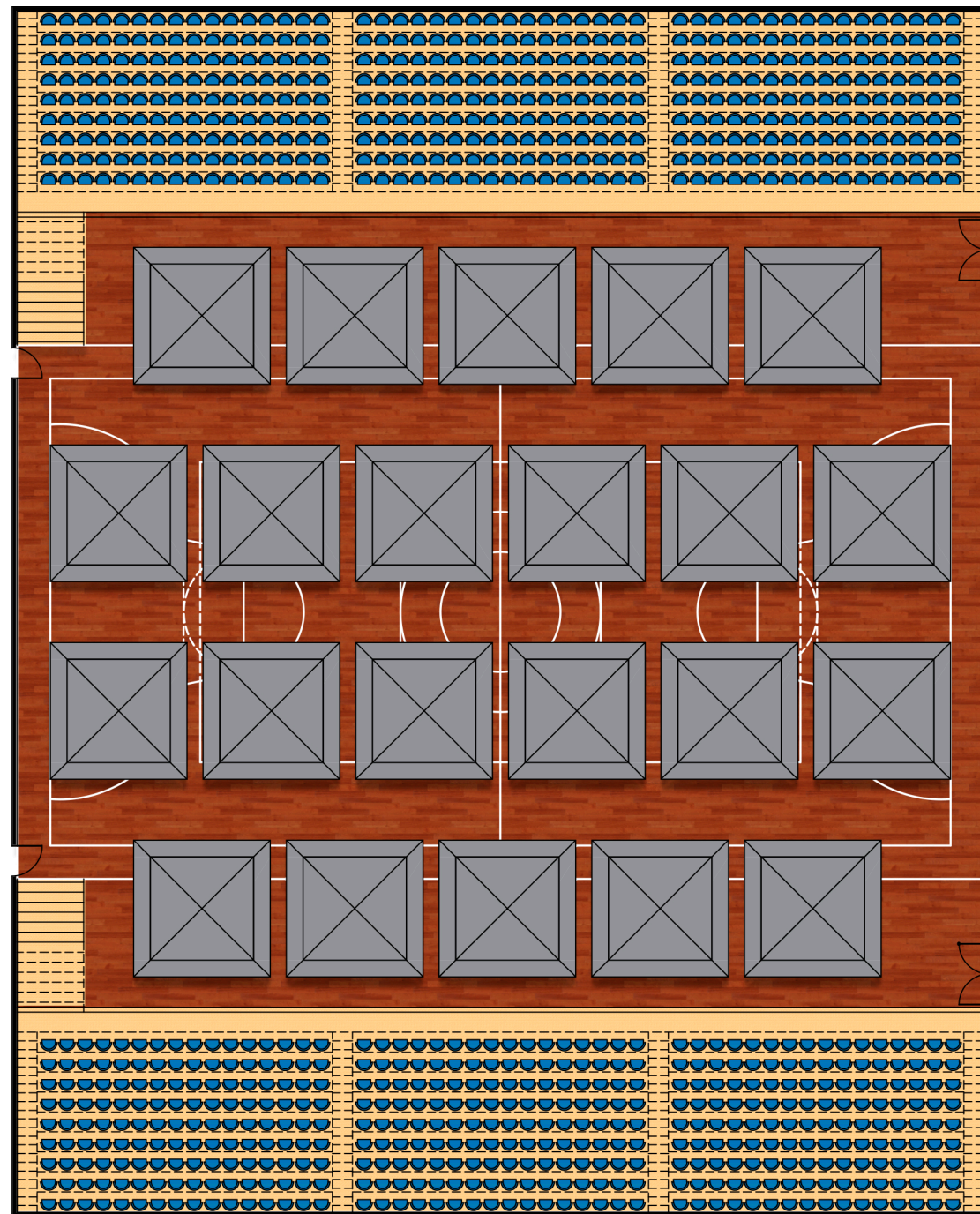
Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Escala:

As indicated

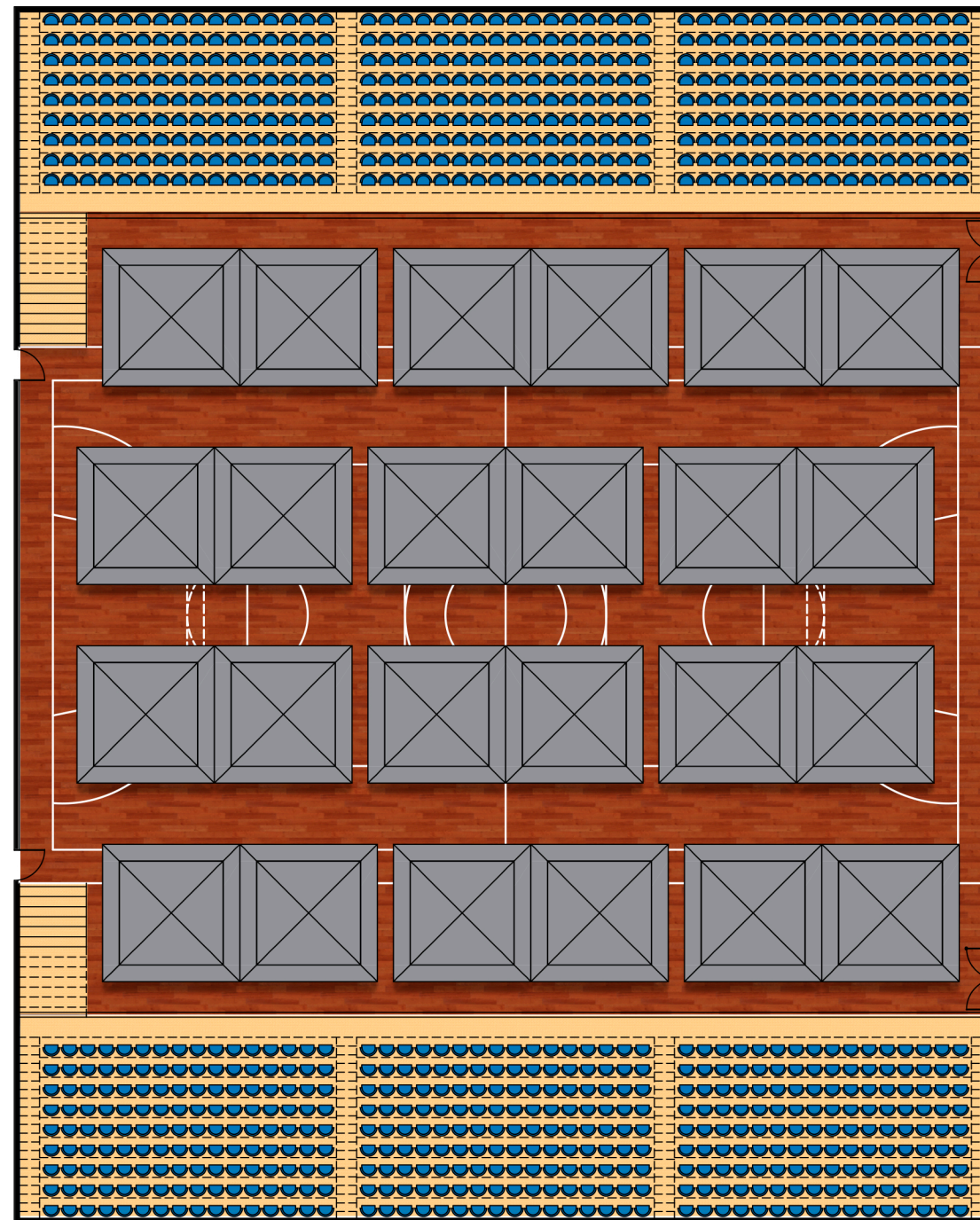
**05**





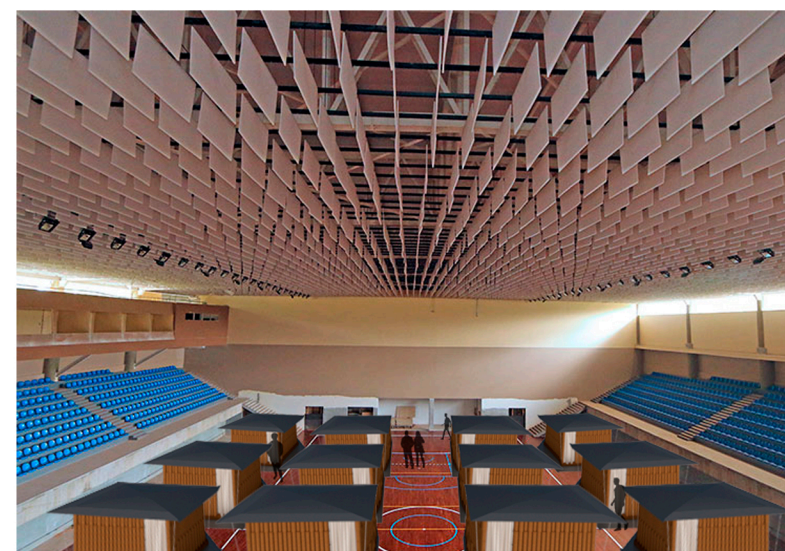
Masterplan Pabellón Polideportivo (Individual)

ESC.: 1 : 200



Masterplan Pabellón Polideportivo (Conjugado)

ESC.: 1 : 200



MÁSTER UNIVESITÁRIO EN EDIFICACIÓN  
SOSTENIBLE 2018-2019

TRABAJO FIN DE MÁSTER Junio 2019

Posibilidades del cartón como recurso  
constructivo: aplicación para módulo de carácter  
emergencial en Brasil

Módulo Emergencial de Cartón  
Masterplan Pabellón

Alumno: Cândido PAZOS de ANDRADE

Tutor: Santiago MUÑIZ GÓMEZ

Escala:  
1 : 200

06